5.

Untersuchungen

über den

Verlauf der Nährstoffaufnahme der Kartoffelpflanze

bei

verschiedenen Düngungen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Universität Göttingen

vorgelegt von

Ludwig Hecke.

Mit 2 Tafeln.

Merseburg.
Druck von Friedrich Stollberg.
1895.

Referent: Professor Dr. LIEBSCHER.

Tag der mündlichen Prüfung: 24. April 1895.

Sonderabdruck aus dem Journal für Landwirtschaft 1895.

Untersuchungen

über den

Verlauf der Nährstoffaufnahme der Kartoffelpflanze bei verschiedenen Düngungen.

Von

Ludwig Hecke.

I. Einleitung.

Seit man es überhaupt versucht hat, den Vegetationsbedingungen unserer Kulturpflanzen näher zu treten, drängte sich bald eine Frage in den Vordergrund, deren Lösung von grösster Wichtigkeit für die Theorie und Praxis der Landwirtschaft ist. Es ist dies die Frage nach den Ursachen der verschiedenen Ansprüche, die unsere Kulturpflanzen an den Nährstoffgehalt des Bodens stellen. Seitdem sind Jahre vergangen — Liebig und Hellriegel machten ihre epochemachenden Entdeckungen, durch welche eine Flut gleichsinniger Arbeiten hervorgerufen wurde — aber diese Frage, die sich wohl immer durch die Bestrebungen der landwirtschaftlichen Forschung hindurchzog, ist erst in jüngster Zeit ihrer Lösung näher gerückt.

Es lag in erster Linie nahe, einen Grund für die verschiedenen Ansprüche der Pflanzen an den Boden in ihrer Zusammensetzung zu suchen, so dass beispielsweise eine kalireiche Pflanze einen reichen Kalivorrat, eine stickstoffreiche einen reichen Stickstoffvorrat im Boden verlange. Die Praxis aber hatte längst in Erfahrung gebracht, dass z. B. die kalireiche Rübe in der Regel nicht dankbar sei für eine Kalizufuhr, oder umgekehrt die stickstoffarme Gerste ausserordentlich

stark auf Stickstoffdüngung reagiere, auch dann, wenn der Stickstoffvorrat des Bodens anderen Pflanzen zur Produktion der gleichen oder einer noch grösseren Menge Stickstoff in ihrer Erntesubstanz reichlich genügte. Die Zusammensetzung der Pflanzen lieferte also eher das gerade Gegenteil von dem, was durch die Praxis und zahlreiche Versuche als Bedürfnis der Pflanzen erkannt worden war. Diese anscheinenden Widersprüche brachten Drechsler[1]) zu ungefähr folgendem Gedankengang.

Die absolute Menge Nährstoffe, die durch eine Düngung dem Boden einverleibt werden, ist gegenüber dem im Boden vorhandenen Vorrat so gering, dass es undenkbar wäre, dass eine Düngung überhaupt Erfolg haben könne, wenn nicht angenommen wird, dass die Pflanzen sich verschieden verhalten gegenüber den Nährstoffen, welche ihnen im Boden und denen, die ihnen in der Düngung geboten werden, in der Weise, dass die eine Pflanze einen Nährstoff dem Boden entnimmt, welchen eine andere in der Düngung geboten haben will. So erklärt Drechsler das Stickstoffbedürfnis der Gerste dadurch, dass die Gerste ihren Stickstoffbedarf vorwiegend aus der Düngung deckt. Wagner[2]) setzt noch hinzu, weil sie sich den Stickstoff schwieriger als die übrigen Nährstoffe aneignen könne. Hieraus ergiebt sich der Begriff des „specifischen Düngerbedürfnisses“ der Kulturpflanzen, „d. h. ihr specifischer Anspruch an den Düngungszustand des Bodens, bezw. den Gehalt des Bodens an leicht löslichen Nährstoffen,“ [3]) das sich nicht deckt „mit ihrem, durch die chemische Analyse der betreffenden Pflanzenprodukte ermitteltem, specifischen Nährstoffbedürfnis“.[3]) In ähnlicher Weise präzisiert Drechsler[4]) den Begriff des Düngerbedürfnisses beispielsweise für die Phosphorsäure, indem „die eine Pflanze ihren Bedarf an Phosphorsäure ausschliesslich oder vorzugsweise aus dem Vorrate des Bodens, die andere ihren Bedarf vorzugsweise (oder grösstenteils) aus dem Dünger deckt“.

---

[1]) Drechsler, Düngungsversuche. Journal für Landwirtschaft 1884, Berlin, pag. 312 u. folg.

[2]) Wagner, Einige Resultate agrik.-chem. Düngungsversuche. Journal für Landwirtschaft 1883, pag. 255.

[3]) Wagner, Journal für Landwirtschaft 1883, pag. 270.

[4]) Journal für Landwirtschaft 1884, pag. 316.

Die Thatsache, dass die Düngung bei verschiedenen Pflanzen so verschiedene Wirkung äussert, wird also durch specifische Eigenschaften der Pflanzen erklärt, so dass für die praktische Anwendung dieser Erkenntnis die Forderung Wagners sich ergiebt, dass „die Kulturpflanzen in erster Linie mit demjenigen Nährstoff gedüngt werden müssen, welchen sie sich aus Ursache ihrer specifischen Eigenschaften am schwierigsten anzueignen vermögen“,[1]) oder wie Drechsler diese Forderung formuliert, „welche sie fähig sind, aus dem Dünger aufzunehmen; diejenigen aber, welche sie (infolge ihrer Eigenschaften) nicht dem Dünger entnehmen können, sondern ausschliesslich oder vorzugsweise dem Vorrate des Bodens entnehmen, sind im Dünger für diese Pflanze überflüssig“.[2]) Es ist schwer anzunehmen, dass es Pflanzen giebt, die ihren Nährstoffbedarf nicht dem Dünger entnehmen könnten, und es wird schwerlich ein Grund zu finden sein, warum die Pflanze lieber dem Boden, als dem Dünger ihre Nahrung entnimmt. Dagegen ist es recht gut denkbar, dass eine Pflanze die Fähigkeit hat, die Nährstoffe ebenso gut aus dem schwerlöslichen Vorrate des Bodens zu nehmen, als aus dem Dünger, so dass eine Düngung wirkungslos bleibt; einer anderen Pflanze hingegen macht es bedeutende Schwierigkeiten, von dem Bodenvorrat zu leben, so dass sie für Zufuhr leichtlöslicher Nahrung sich dankbar erweist. Worin aber diese Fähigkeit der einen Pflanze, sich die Nährstoffe leichter aneignen zu können als eine zweite, begründet ist, darüber ist so gut wie nichts bekannt; weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob überhaupt derartige, specifische Eigenschaften angenommen werden können, oder ob der Grund für das specifische Düngerbedürfnis der verschiedenen Kulturpflanzen anderswo zu suchen sei.

Über das Düngerbedürfnis der einzelnen Kulturpflanzen sind sehr viele, zum Teil widersprechende Angaben in der umfangreichen Literatur der Düngungsversuche zerstreut. Bei einzelnen Pflanzen ist ein ausgesprochenes Düngerbedürfnis für einen bestimmten Nährstoff vorhanden, wie bei der Zuckerrübe und Gerste, bei anderen ein geringes, wie bei Kartoffel und Hafer. Im ersten Falle wurde diesem Düngerbedürfnisse in der Praxis bereits Rechnung getragen, bevor die Theorie überhaupt

[1]) Journal für Landwirtschaft 1883, pag. 274.
[2]) Journal für Landwirtschaft 1884, pag. 318.

den Begriff des Düngerbedürfnisses festgestellt hatte. Im letzteren Falle konnte nur durch wiederholte, vergleichende Versuche mit verschiedenen Pflanzen unter denselben Verhältnissen einige Klarheit gewonnen werden. Es würde zu weit führen, hier auf die Untersuchungen einzugehen, die sich auf die Erforschung des Düngerbedürfnisses unserer Kulturpflanzen beziehen. Es soll nur kurz wiedergegeben werden, was wir über das Düngerbedürfnis der Versuchspflanze der vorliegenden Arbeit, der Kartoffel, wissen.

Seit jeher hat man die Kartoffel gerne in die erste Tracht gestellt, weil sie so sehr dankbar ist für eine Düngung mit Stallmist. Es entspricht dies ihrem, während der ganzen Vegetationszeit hervortretendem Düngerbedürfnis und besonders ihrem Düngerbedürfnis für Kali uud Stickstoff, welches zu befriedigen, der sich allmählich zersetzende Stallmist vorzüglich befähigt ist. Im Vergleiche zu anderen Kulturpflanzen, besonders Getreidearten, ist dieses Stickstoffbedürfnis wohl ein geringeres, da diese bei ihrer kürzeren Vegetationszeit mehr löslichen Stickstoff auf einmal benötigen. Aber unter denjenigen Nährstoffen, für deren Zufuhr die Kartoffel am dankbarsten ist, steht in erster Linie das Kali und in zweiter der Stickstoff, wogegen sie sehr wenig dankbar ist für eine Düngung mit Phosphorsäure, wie dies des näheren ausgeführt ist in der Abhandlung von Liebscher über die Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Ackerböden und Kulturpflanzen, die in diesem Bande dieser Zeitschrift veröffentlicht ist.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass zum Zustandekommen dieses Düngerbedürfnisses nicht nur einer, sondern mehrere Faktoren mitwirken. Professor Liebscher[1]) hat nachgewiesen, dass im zeitlichen Verlaufe der Nährstoffaufnahme eine Ursache des verschiedenen Düngerbedürfnisses unserer Kulturpflanzen zu finden sei. Einerseits ist die Länge der Vegetationszeit an und für sich von Einfluss auf das Düngerbedürfnis, da eine kurzlebige Pflanze in derselben Zeit mehr Nährstoffe aufnehmen muss, als eine mit langer Vegetationszeit; für erstere resultiert also schon hiernach ein Düngerbedürfnis. Wagner[2]) führt hierfür

[1]) G. Liebscher, Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre. Journal für Landwirtschaft 1887, pag. 335.

[2]) P. Wagner, Die Steigerung der Bodenerträge durch rationelle Stickstoffdüngung. Berlin 1889, pag. 89—91.

ein Beispiel von Gerste gegenüber Kartoffel an und betont ausdrücklich, dass in diesem Falle — für die Stickstoffaufnahme nämlich — die Annahme nicht zutreffe, dass die Kartoffel sich leichter den Stickstoff aus den schwerlöslichen Verbindungen des Bodens aneignen könne, als die Gerste, sondern der Grund für das Stickstoffbedürfnis der Gerste nach leichtlöslichen Verbindungen in ihrer kürzeren Vegetationszeit gelegen sei.

Andererseits ist es möglich, „dass ein durch die Natur der Pflanze bedingtes zeitweise stärkeres Nährstoffbedürfnis sich bei der Pflanzenkultur als Düngerbedürfnis herausstellt.“ [1]) Hiernach erklärt sich beispielsweise die Anspruchslosigkeit des Hafers gegenüber der Gerste zum Teil, abgesehen von der verschiedenen Ausbildung des Wurzelsystems und von der wahrscheinlich damit zusammenhängenden Fähigkeit der Pflanzen, die schwerlöslichen Nährstoffe des Bodens aufzuschliessen, aus der länger andauernden Aufnahme der Nährstoffe beim Hafer; bei der Gerste wird die Aufnahme bedeutend gesteigert dadurch, dass sie auf eine kürzere Periode beschränkt ist. Ebenso hat die geringere Wirksamkeit der Kalidüngung zur Rübe ihren Grund darin, dass die Rübe nicht wie das Getreide besonders im Anfange der Vegetation ein erhöhtes Bedürfnis nach Kali hat, sondern dasselbe während ihrer Vegetationszeit in gleichem Masse aufnimmt, als sie Trockensubstanz produziert. In gleicher Weise ist in der Arbeit Professor LIEBSCHERS der Zusammenhang des Düngerbedürfnisses mit dem Verlaufe der Stoffaufnahme für alle wichtigen Kulturpflanzen nachgewiesen.

Nachdem also dieser Zusammenhang konstatiert ist, handelt es sich darum, zu erforschen, ob der Verlauf der Nährstoffaufnahme unter verschiedenen Verhältnissen für ein und dieselbe Pflanze ein konstanter ist, oder ob irgend welche Einflüsse imstande sind, die Charakteristik des Verlaufes zu ändern. Es lag in erster Linie nahe, den Einfluss der Düngung in dieser Richtung zu untersuchen. Nimmt die Düngung keinen entscheidenden Einfluss auf den Verlauf der Nährstoffaufnahme, so ist damit gesagt, dass der Verlauf eine konstante Charakteristik der betreffenden Pflanze ist, dass somit das Düngerbedürfnis, auch wenn es durch Düngung befriedigt wird, sich

---

[1]) G. LIEBSCHER. Der Verlauf der Nährstoffaufnahme etc. Journal f. Landw. 1887, pag. 344.

jedesmal in gleicher Weise im Verlaufe der Nährstoffaufnahme zu erkennen giebt. In dem Falle aber, dass eine Befriedigung des Düngerbedürfnisses auch eine Änderung des Verlaufes hervorruft, muss geprüft werden, inwiefern auch dann noch im geänderten Verlaufe der Nährstoffaufnahme eine Ursache des Düngerbedürfnisses zu erkennen ist, zugleich aber steht dann zu erwarten, dass die Untersuchung des Verlaufes der Nährstoffaufnahme in einem beliebigen Falle durch die Abweichungen von dem als normal erkannten Verlauf einen Hinweis liefern kann, inwiefern den Bedürfnissen der Pflanze durch Düngung und Boden nicht Genüge geleistet wurde.

Untersuchungen in dieser Richtung liegen zur Zeit so gut wie keine vor. Die Versuche, die sich auf die Wachstumsverhältnisse unserer Kulturpflanzen in verschiedenen Perioden ihrer Vegetation beziehen, berücksichtigen entweder bloss die gebildete Trockensubstanz, wie viele der zahlreichen Arbeiten, die Professor Liebscher benutzte, oder aber es wurden zwar auch die Nährstoffgehalte bestimmt, während auf die Düngung keine Rücksicht genommen wurde. So ist eine Arbeit von Stöckhardt, die sowohl die Düngung als auch den Stickstoffgehalt und die Asche verschiedener Kulturpflanzen in verschiedenen Lebensperioden berücksichtigt, eine Arbeit, in welcher bereits auf die Wichtigkeit hingewiesen wird, welche die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Pflanzen in verschiedenen Lebensperioden für die Erforschung der chemischen Vorgänge in der Pflanze habe, für den vorliegenden Zweck aus mehreren Gründen nicht verwertbar. Professor Liebscher hat deshalb diese Arbeit, soweit sie sich auf die Kartoffel bezieht, sowie eine von Anderson, Wolff, Kreusler [1]) und andere mehr, entweder ganz ausgeschieden oder nur vergleichungsweise benutzen können. Die einzigen Arbeiten, die Professor Liebscher als Grundlagen dienten, waren die von Kellermann und König. [2])

[1]) Stöckhardt, Forst- und landw chem. Untersuchungen. Tharander Jahrbuch 1854, Leipzig, pag. 280. Anderson, Jahresbericht f. Agrikultur-Chemie 1864, pag. 134. Wolff, Mitteilungen aus Hohenheim, V., 1857. Kreusler, Landw. Jahrbücher XV, pag. 309.

[2]) Kellermann, Landw. Jahrbücher VI, pag. 647. König, Landw. Jahrbücher V, pag. 657.

Es war daher wünschenswert, dass diese Arbeiten, die alle nur mit grossem Aufwande an Zeit und Mühe zustande kommen konnten, dadurch vollständig verwertet werden, dass erneute Untersuchungen mit Berücksichtigung der jüngeren Erforschungen sie ergänzen und vervollständigen. So soll auch diese Arbeit dazu beitragen, die Lücken in dieser Richtung ausfüllen zu helfen. Zur vollen Klarheit über vorliegende Frage wird es aber noch einer Reihe ähnlicher Untersuchungen bedürfen, wie deren einige bereits im Laboratorium des Göttinger Instituts im Gange sind.

II. Anstellung des Versuches.

Das reiche Material des Versuchsfeldes des landwirtschaftlichen Institutes Göttingen bot die beste Gelegenheit zur Beantwortung derartiger Düngungsfragen, wie die vorliegende.

Beschreibungen des Göttinger Versuchsfeldes sind in den Programmschriften von Drechsler und von Liebscher enthalten.[1]) Es soll deshalb hier nur kurz das gebracht werden, was zur Beurteilung des vorliegenden Versuches nötig erscheint.

Ein Teil des Versuchsfeldes dient schon eine Reihe von Jahren den gleichen Versuchen, so zwar, dass 7 Einzelfelder in gewissem Wechsel mit verschiedenen Früchten bestellt werden, und jedes einzelne Feld wieder in 8 Parzellen à 50 qm geteilt erscheint, die alljährlich die folgenden Düngungen erhalten:

I.	K	3 kg kohlensaures Kali.
II.	N	1.5 kg Chilisalpeter.
III.	P	3 kg präcipitierter phosphors. Kalk.
IV.	KNP	dieselben Mengen wie I, II, III.
V.	0	Ungedüngt.
VI.	KN	dieselben Mengen wie I, II.
VII.	KP	„ „ „ I, III.
VIII.	NP	„ „ „ II, III.

Eines dieser 7 Felder, das abwechselnd Kartoffeln, Hafer, Erbsen, Roggen trug, und 1893 mit Kartoffeln bestellt war, diente der vorliegenden Arbeit als Versuchsfeld. Der Boden dieses Feldes ist, wie der des ganzen Göttinger Versuchsfeldes ein reicher mergeliger Lehmboden. Ein Beispiel des Reichtums bietet die Zahl von 50 Ctr. Winterweizen pro ha, die im Durch-

[1]) Das Studium der Landwirtschaft an der Universität Göttingen. Berlin bei P. Parey 1875, 1885 und 1893.

schnitte verschiedener Feldparzellen im Jahre 1890 geerntet wurden.[1]) Dass dieser Boden dennoch auf eine Düngung reagiert, ergiebt sich aus den zahlreichen Versuchen, über welche in der bereits erwähnten Abhandlung Professor Liebschers in diesem Bande des Journals für Landwirtschaft berichtet wurde.

Darnach ist das Versuchsfeld reich an Phosphorsäure, dagegen bedarf es einer Zufuhr von Kali und Stickstoff. Die zahlreichen Versuche, die alljährig angestellt werden, haben in Übereinstimmung stets dieses Resultat geliefert.

Ursprünglich war zum Zwecke dieser Untersuchung nicht die Kartoffel gewählt; da aber gerade für die Kenntnis des Verlaufes der Nährstoffaufnahme bei der Kartoffel die geringste Anzahl Versuche vorlag und eine Bestätigung der Resultate der Untersuchungen von Kellermann und König erwünscht war, wurde die Kartoffelparzelle benutzt, wozu auch praktische Massnahmen im Versuchsfelde drängten.

Durch diese Änderung in der Wahl der Versuchspflanze kam es, dass die erste Ernte verhältnismässig spät, am 23. Juni, also 61 Tage nach der Aussaat, die am 21. April erfolgte, genommen wurde. Immerhin war auch dieser Zeitpunkt noch nicht zu spät, da ein Teil der Parzellen zu dieser Zeit noch nicht die Trockensubstanz des Saatgutes in der Ernte lieferte. Die übrigen vier Probenahmen wurden am 11. Juli, 2. August, 22. August und 12. September vorgenommen; eine sechste Ernte, die zu anderen Versuchszwecken noch genommen wurde, kann in unsere Betrachtungen nicht einbezogen werden, da die Pflanzen derselben die Randpflanzen waren, und da überdies ein Teil der Parzellen bereits vor der fünften Ernte das Wachstum eingestellt hatte, wie dies im späteren ersichtlich werden wird.

Das Auslegen der Kartoffeln erfolgte in Abständen von 50 cm im Quadrat, die Saatgutmenge betrug 15 kg pro Parzelle. Die Düngemittel wurden in der früher angeführten Form und Menge im Frühjahre leicht eingehackt, doch wurde die Stickstoffgabe auf 3 kg pro Parzelle am 13. Juni bei den Parzellen I, IV, VI, VIII erhöht, um den Pflanzen sicher einen Überschuss zu bieten. Die Parzellen wurden durch Hacken sorgfältig rein

---

[1]) G. Liebscher. Das landwirtschaftliche Studium an der Universität Göttingen. Berlin 1893, pag. 17.

gehalten und der Kartoffelkrankheit, die sich hier und da zeigte, durch Bespritzung mit Bordelaiser Brühe am 27. Juli und 15. August möglichst gesteuert; auch hier zeigte sich die vielfach beobachtete Thatsache, dass die mit Kali gedüngten Parzellen viel weniger von der Krankheit befallen waren. Überhaupt aber trat die Krankheit in so geringem Grade auf, dass eine einigermassen bedeutende Beeinflussung der Versuchsresultate hierdurch nicht zu befürchten ist. Die Vegetation war also sowohl in dieser Richtung, als auch in Berücksichtigung der Witterung als eine normale zu bezeichnen. Die Wärme- und Niederschlagsmenge betrug nach den Beobachtungen am Göttinger Institut:

	Wärmesumme °C.	Regenmenge mm
Januar	— 273.25	23.5
Februar	+ 67.25	70.0
März	+ 156.0	30.5
April	262.0	6.0
Mai	411.0	18.5
1.—23. Juni	335.0	9.0
23. Juni bis 11. Juli	353.6	54.5
11. Juli „ 2. August	346.5	59.5
2. August bis 22. August	357.0	10.0
22. „ „ 12. September	239.5	38.5

Es waren weder andauernde Temperaturstürze zu verzeichnen, noch war die Verteilung der Niederschläge eine besonders ungünstige, wenn auch die Vegetation durch die Trockenheit im Juni und in den vorhergehenden Monaten etwas zurückgeblieben war.

Der Aufgang erfolgte bei den Stickstoff-Parzellen um 8—14 Tage früher, wie auch diese Parzellen den übrigen bis zum August an üppigem Wachstum des Krautes überlegen waren.

Die Probenahme der Ernten erfolgte in der Weise, dass von jeder Parzelle die gleiche Anzahl Pflanzen reihenweise entnommen wurde. Fehlstellen, die sich vereinzelt (bei der 3. Ernte auf Parzelle V und VIII, bei der 4. Ernte auf Parzelle VII, bei der 5. Ernte auf Parzelle VI je eine) fanden, wurden bei der Ertragsberechnung in der Weise berücksichtigt, dass nach dem Vorgehen Drechslers[1]) drei Vierteile des durchschnittlichen Pflanzengewichtes der betreffenden Parzelle zu der

[1]) Düngungsversuche, Journal für Landwirtschaft 1880, p. 269.

Gesamternte zugeschlagen wurden. Bei der grossen Anzahl Pflanzen, die bei jeder Ernte genommen wurden (s. Tab. I), ist der Einfluss dieser allerdings willkürlichen Annahme, dass die umstehenden Pflanzen gerade um so viel besser sich auf dem grösseren Standraum entwickeln konnten, äusserst geringfügig. Nach der Ernte wurden Kraut, Wurzel (samt Stolonen), alte und junge Knollen voneinander getrennt. Das Kraut wurde sofort in frischem Zustande gewogen, hierauf grob gehäckselt und eine Durchschnittsprobe zur Lufttrockensubstanzbestimmung genommen, die dann auch den übrigen Bestimmungen diente. Die Wurzeln wurden in ihrer gesamten Menge gewaschen, getrocknet, in lufttrockenem Zustande gewogen und dann in den luftdicht schliessenden Flaschen aufbewahrt. Ebenso wurde mit den alten Knollen verfahren. Die jungen Knollen wurden in frischem Zustande gewogen, zur Lufttrockensubstanzbestimmung eine Durchschnittsprobe genommen, die gleichfalls auch den anderen Bestimmungen diente. Zu diesem Zwecke wurde alles fein gemahlen und konnte dann in den Flaschen unverändert aufbewahrt werden.

Die Sammlung dieses Materials und die Beobachtungen während der Vegetation wurden von Herrn Keestra in genauester Weise besorgt. Da Herr Keestra aber nicht in der Lage war, seinen Aufenthalt in Göttingen zur Vollendung der Arbeit weiter auszudehnen, wurde mir dieses Material von Herrn Professor Dr. Liebscher in freundlichster Weise zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Für die viele Mühe, die sich Herr Keestra bei der Ausführung der betreffenden Arbeiten gegeben hat, sage ich ihm hiermit meinen besten Dank.

III. Die Wirkung der Düngung auf die Produktion von Trockensubstanz.

Die Ernteresultate, wie sie die fünf Probenahmen ergaben, sind in Tabelle I übersichtlich zusammengestellt, beziehen sich jedoch zum Teil auf lufttrockene, zum Teil auf frische Substanz; auch ist die Zahl der geernteten Pflanzen eine verschiedene, und die Fehlstellen wurden in dieser Tabelle auch noch nicht in Rechnung gezogen. Zur Beurteilung der Düngerwirkung wurden diese Zahlen auf Trockensubstanz pro Pflanze umgerechnet und die Fehlstellen in der erwähnten Weise berücksichtigt, so dass hiernach Tabelle II resultiert.

Es ist ein leider niemals ganz zu umgehender Nachteil aller derartigen Düngungsversuche, dass die Resultate durch Fehler der verschiedensten Art beeinträchtigt werden. Es ist aber auch eine notwendige Forderung, die an jeden Düngungsversuch gestellt werden muss, die Fehler wenigstens als solche erkennen zu lassen. Die Art und Weise der Versuchsanstellung im Göttinger Versuchsfelde macht es ausserordentlich leicht, auch Fehler von geringfügiger Bedeutung aufzufinden. Im 2. Hefte dieses Bandes hat Professor LIEBSCHER[1]) die Methode der Versuchsanstellung ausführlich dargelegt und begründet. Stellen wir in der Weise, wie es dort geschehen ist, die Wirkung der Kali-, Stickstoff- und Phosphorsäure-Düngung zusammen, so erhalten wir:

Mehr- resp. Minderertrag einer Pflanze in Grammen durch Düngung mit

	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
Kali neben O	+ 0.9	+ 21.6	+ 53.9	+ 87.5	+ 138.7
„ „ N	— 0.7	+ 26.4	+ 73.7	+ 136.6	+ 165.9
„ „ P	+ 1.4	+ 13.1	+ 59.1	+ 114.1	+ 119.3
„ „ NP	+ 4.6	+ 8.3	+ 46.3	+ 116.3	+ 145.6
Stickstoff neben O	+ 4.7	+ 9.4	+ 9.5	+ 6.0	+ 27.6
„ „ K	+ 3.1	+ 14.2	+ 29.3	+ 55.1	+ 54.8
„ „ P	+ 0.7	+ 13.1	+ 38.5	+ 34.8	— 2.1
„ „ KP	+ 3.9	+ 8.3	+ 25.7	+ 37.0	+ 24.2
Phosphorsäure neben O	— 0.7	+ 1.3	— 13.4	— 21.8	+ 13.9
„ „ K	— 0.2	— 7.2	— 8.2	+ 4.8	— 5.5
„ „ N	— 4.7	+ 5.0	+ 15.6	+ 7.0	— 15.8
„ „ KN	+ 0.6	— 13.1	— 11.8	— 13.3	— 36.1

Zur Prüfung der Richtigkeit der gefundenen Zahlen wähle ich vorerst die 3. Ernte, weil hier der Fehler am deutlichsten zu erkennen ist. Fasst man zunächst die Kaliwirkung ins Auge, so zeigt die dritte sowie alle anderen Ernten eine Erhöhung; aber diese Erhöhung ist bei NK gegen N bedeutender als bei den anderen Parzellen. Es könnte als Erklärung wohl vorgebracht werden, dass Kali im Verein mit Stickstoff eben zur besseren Ausnutzung kommen konnte. Aber sehen wir weiter. Bei der Stickstoffwirkung ist die Zahl von 9.5 (N gegen O) gegenüber den anderen Differenzen von 29.3, 38.5, 25.7 zu klein, als dass sie sich durch eine geringere Wirksamkeit des Stickstoffs ohne Beisein der übrigen Nährstoffe erklären liesse. Man könnte ja meinen, dass der Sticksoff nicht zur Wirkung

[1]) l. c.

gelangen konnte, weil es an den übrigen Nährstoffen gefehlt hätte. Wenn dies schon bei dem geringen Kaligehalt des Bodens für Kali gelten mag — so dass also der Stickstoff mit Kali gegen Kali allein mehr gewirkt hätte, als allein gegen Ungedüngt — so ist dies nach dem früher Gesagten für die Phosphorsäure nicht anzunehmen, da diese gewiss in genügender Menge im Boden vorhanden war und in der Düngung meist eine Ertragserniedrigung bedingte. Wenn also der Stickstoff in Verbindung mit Phosphorsäure den Ertrag um 38.5 g gesteigert hat, obwohl das Kali auch hier fehlte, so ist anzunehmen, dass der Stickstoff auch gegen Ungedüngt den Ertrag um mehr als nur 9.5 g hätte erhöhen müssen. Noch unwahrscheinlicher ist die Phosphorsäurewirkung bei PN gegen N, welche eine Ertrags**steigerung** repräsentiert, während in allen übrigen Fällen die Phosphorsäure den Ertrag herabgedrückt hat. Es ist leicht einzusehen, dass die gefundene Zahl bei Parzelle N offenbar falsch, und zwar um ca. 20 g zu niedrig ist.

Mag der Grund dieses Fehlers nun in der Probennahme liegen, oder darin, dass durch Bodenverschiedenheit, oder irgend welche äussere Einflüsse die Parzelle N gegenüber den anderen benachteiligt wurde, keinesfalls können diese Zahlen als unanfechtbare Grundlage weiterer Berechnungen dienen. Es ist deshalb besser das wahrscheinlich Richtige dem gewiss Falschen vorzuziehen, und eine Korrektur vorzunehmen, die diese Widersprüche ausgleicht. Nimmt man die 3. Ernte der Parzelle N um 20 g höher an, so stellen sich die Zahlen für die Düngerwirkung folgendermassen:

Kaliwirkung neben	0	+ 53.9
„ „	N	+ 53.7
„ „	P	+ 59.1
„ „	NP	+ 46.3
Stickstoffwirkung neben	0	+ 29.5
„ „	K	+ 29.3
„ „	P	+ 38.5
„ „	KP	+ 25.7
Phosphorsäurewirkung neben	0	— 13.4
„ „	K	— 8.2
„ „	N	— 4.4
„ „	KN	— 11.8

Immer noch erscheint die Kaliwirkung zu gering bei KNP gegen NP, dagegen die Stickstoffwirkung bei NP gegen N

zu hoch. Auch hier ist leicht zu erkennen, dass ein zweiter Fehler bei der Parzelle NP liegen dürfte, die danach um ca. 10 g zu hoch ausgefallen wäre. Führt man auch hier einen Ausgleich herbei durch Abzug von 10 g von der Ernte bei Parzelle NP, so erhalten wir ein viel wahrscheinlicheres Bild für die Düngerwirkungen, als wir es zuerst hatten:

Kaliwirkung neben 0	+ 53.9
„ „ N	+ 53.7
„ „ P	+ 59.1
„ „ NP	+ 56.3
Stickstoffwirkung neben 0	+ 29.5
„ „ K	+ 29.3
„ „ P	+ 28.5
„ „ KP	+ 25.7
Phosphorsäurewirkung neben 0	— 13.4
„ „ K	— 8.2
„ „ N	— 14.4
„ „ KN	— 11.8

Die auch jetzt noch unverhältnismässigen Zahlen von 59.1 der Kaliwirkung, 25.7 der Stickstoffwirkung, —8.2 der Phosphorsäurewirkung, die ebenfalls korrespondieren, scheinen zu gering, um ausgeglichen zu werden. Auch brauchen sich derartige Korrekturen nur auf augenfällige Fehler zu erstrecken.

Solche augenfällige Fehler fanden sich und wurden korrigiert:

bei Parzelle	K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP
1. Ernte	—	—	—	—	—	—	—	—
2. „	—	+ 13	—	—	+ 8	—	—	—
3. „	—	+ 20	—	—	—	—	—	— 10
4. „	+ 20	+ 20	—	—	—	—	—	—
5. „	—	—	— 30	—	—	— 20	—	—

Gleicht man also die Fehler in dieser Weise aus, so ergeben sich die in Tabelle II als „korrigiert“ bezeichneten Zahlen, nach denen alle weiteren Berechnungen erfolgten, und für die Düngerwirkung folgende Übersicht:

	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
Kaliwirkung neben 0	+ 0.9	+ 13.6	+ 53.9	+ 107.5	+ 138.7
„ „ N	— 0.7	+ 13.4	+ 53.7	+ 116.6	+ 145.9
„ „ P	+ 1.4	+ 13.1	+ 59.1	+ 114.1	+ 149.3
„ „ NP	+ 4.6	+ 8.3	+ 56.6	+ 116.3	+ 145.6
Mittel	**+ 1.5**	**+ 12.1**	**+ 55.8**	**+ 113.6**	**+ 144.9**

		1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
Stickstoffwirkung neben	O .	+ 4.7	+ 14.4	+ 29.5	+ 26.0	+ 27.6
" "	K .	+ 3.1	+ 14.2	+ 29.3	+ 35.1	+ 34.8
" "	P .	+ 0.7	+ 13.1	+ 28.5	+ 34.8	+ 27.9
" "	KP	+ 3.9	+ 8.3	+ 25.7	+ 37.0	+ 24.2
	Mittel	**+ 3.1**	**+ 12.5**	**+ 28.3**	**+ 33.2**	**+ 28.6**
Phosphorsäurew. neben	O .	— 0.7	— 6.7	— 13.7	— 21.8	— 16.1
" "	K .	— 0.2	— 7.2	— 8.2	— 15.2	— 5.5
" "	N .	— 4.7	— 8.0	— 14.4	— 13.0	— 15.8
" "	KN	+ 0.6	— 13.1	— 11.8	— 13.3	— 16.1
	Mittel	**— 1.3**	**— 8.8**	**— 12.0**	**— 15.8**	**— 13.4**

Die obige Zusammenstellung hat ausserdem, dass sie eine Prüfung der gefundenen Zahlen ermöglicht, den Vorteil, die verschiedenen Düngerwirkungen ins deutlichste Licht zu setzen. Kali und Stickstoff haben durchweg eine Erhöhung der Produktion, Phosphorsäure eine Erniedrigung herbeigeführt. Dass ein Überschuss an Phosphorsäure die Erntemenge herabdrückt, wurde schon vielfach hervorgehoben,[1] und es ist dies eine im Göttinger Versuchsfeld jahrelang beobachtete Erscheinung.

Die Wirkungsweise von Kali und Stickstoff zeigt aber sehr wichtige Unterschiede. Schon in der Zeit vor der ersten Ernte machen sich diese Unterschiede geltend, welche besonders deutlich werden, wenn wir die Saatgutmenge von der ersten Ernte in Abzug bringen. Das Saatgut betrug pro Pflanze 75 g (II. pag. 8). Da eine Lufttrockensubstanzbestimmung (sowie Untersuchungen auf Kali und Phosphorsäuregehalt) wegen des späten Entschlusses, die Kartoffelparzelle zu benutzen, nicht gemacht wurden, soll ein Gehalt von 25 % Trockensubstanz angenommen werden. Zieht man also 18.75 g von der ersten Ernte ab, so erhält man pro eine Pflanze Gramme:

Parzelle	K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP
1. Ernte	— 0.9	+ 2.84	— 2.59	+ 2.80	— 1.81	+ 2.13	— 1.2	— 1.68

Überall, wo Stickstoff gegeben wurde, ist die Pflanze früher zu selbständiger Produktion gelangt, während die Kali-Parzellen zu dieser Zeit noch nicht jene Menge organischer Substanz durch eigene Produktion ersetzt hatten, die sie von den Mutterknollen verbraucht hatten. Parzelle NP macht allerdings eine Ausnahme in ihrer Stickstoffwirkung, und es ist sehr

[1]) z. B. Märcker. Kalidüngung pag. 182.

wahrscheinlich, dass hier ein Fehler vorliegt, der auch aus der Zusammenstellung der Düngerwirkung (pag. 13 u. 14) ersichtlich ist, aber zu gering schien, um einer Korrektur zu bedürfen.

In der Zeit von der ersten zur zweiten Ernte steigt aber bereits die Kaliwirkung so, dass sie die Stickstoffwirkung erreicht, überflügelt diese sehr bald und steigt fortwährend bis zum Schlusse der Vegetation, während die Stickstoffwirkung schon von der dritten zur vierten Ernte nur noch wenig steigt, um dann wieder zu fallen. Diese Verhältnisse weisen darauf hin, dass die Stickstoffwirkung in jener Zeit am stärksten zur Wirkung kommt, in die auch die grösste Produktion oberirdischer Substanz fällt, während die Kaliwirkung gleichmässig steigt mit der Gewichtszunahme der Knollen in den späteren Stadien der Vegetationszeit. Diese verschiedene Wirkung des Kalis und des Stickstoffs tritt deutlich hervor in der Zusammenstellung der Düngerwirkung getrennt für Kraut und Knollen, wobei die Korrekturen, die bei der gesamten Trockensubstanz vorgenommen wurden, verhältnismässig auf Kraut und Knollen verteilt wurden, nachdem der Vergleich der Düngerwirkungen ergeben hatte, dass der Fehler nicht einseitig entweder beim Knollen- oder Krautertrage gelegen war, sondern bei beiden im Verhältnisse ihres Anteils an der gesamten Produktion.

Mehr- resp. Minderertrag pro Pflanze in Grammen:

	1. Ernte	2. Ernte		3. Ernte	
	Kraut	Kraut	Knollen	Kraut	Knollen
Kaliwirkung neben O	+ 0.6	+ 0.5	+ 14.0	+ 8.2	+ 41.7
„ „ N	— 0.8	— 1.7	+ 15.0	+ 10.9	+ 40.6
„ „ P	+ 1.0	+ 1.3	+ 12.1	+ 14.2	+ 41.8
„ „ NP . . .	+ 3.3	— 6.8	+ 16.9	+ 8.5	+ 45.4
Mittel	**+ 1.0**	**— 1.6**	**+ 14.5**	**+ 10.5**	**+ 42.2**
Stickstoffwirkung neben O .	+ 4.4	+ 10.5	+ 4.3	+ 19.3	+ 9.3
„ „ K .	+ 3.0	+ 8.3	+ 5.3	+ 22.0	+ 8.2
„ „ P .	+ 1.5	+ 8.7	+ 3.7	+ 19.9	+ 8.4
„ „ KP	+ 3.8	+ 0.6	+ 8.5	+ 14.3	+ 12.0
Mittel	**+ 8.2**	**+ 7.0**	**+ 5.5**	**+ 18.9**	**+ 9.5**
Phosphorsäurew. neben O .	— 0.9	— 3.9	— 1.8	— 3.8	— 9.1
„ „ K .	— 0.5	— 3.1	— 3.7	+ 2.2	— 9.0
„ „ N .	— 3.8	— 5.7	— 2.4	— 3.2	— 10.0
„ „ KN	+ 0.3	— 10.8	— 0.5	— 5.5	— 5.0
Mittel	**— 1.2**	**— 5.9**	**— 2.0**	**— 2.6**	**— 8.8**

	4. Ernte Kraut u. Wurzel	4. Ernte Knollen	5. Ernte Kraut u. Wurzel	5. Ernte Knollen
Kaliwirkung neben O	+ 18.6	+ 87.8	+ 25.3	+ 113.6
„ „ N	+ 27.7	+ 88.9	+ 40.9	+ 105.1
„ „ P	+ 17.5	+ 95.9	+ 29.1	+ 120.8
„ „ NP	+ 29.0	+ 86.7	+ 40.9	+ 104.7
Mittel	**+ 28.2**	**+ 89.8**	**+ 34.1**	**+ 111.1**
Stickstoffwirkung neben O	+ 17.1	+ 9.0	+ 11.2	+ 16.5
„ „ K	+ 26.2	+ 10.1	+ 26.8	+ 8.0
„ „ P	+ 16.5	+ 18.3	+ 11.9	+ 16.6
„ „ KP	+ 28.0	+ 9.1	+ 23.7	+ 0.5
Mittel	**+ 21.9**	**+ 11.6**	**+ 18.4**	**+ 10.4**
Phosphorsäurewirkung neben O	— 5.7	— 16.1	— 4.5	+ 12.1
„ „ K	— 6.8	— 8.6	— 0.7	— 4.9
„ „ N	— 6.3	— 6.8	— 3.8	— 12.0
„ „ KN	— 7.0	— 9.0	— 3.8	— 12.4
Mittel	**— 6.5**	**— 10.0**	**— 3.2**	**— 10.4**

Während die Wirkung des Kalis auf die Produktion von Kraut in der 1., 2. und 3. Ernte bedeutend hinter der des Stickstoffs zurückbleibt und erst zur Zeit der 4. Ernte die Stickstoffwirkung zu überflügeln beginnt, ist seine Wirkung auf die Knollenproduktion schon von Anfang an der des Stickstoffs weitaus überlegen und steigt von 14.5 bis 111.1 g Mehrertrag, während die Stickstoffwirkung blos von 5.5 auf 11.6 g steigt, und von der 3. Ernte an nahezu konstant bleibt. Die Phosphorsäure zeigt sowohl auf Kraut- wie auf Knollenproduktion ihren schädigenden Einfluss, der für die Krautproduktion keine Regelmässigkeit erkennen lässt, bei der Knollenproduktion sich überhaupt stärker geäussert hat und mit zunehmendem Alter der Pflanze steigt.

Nicht so deutlich, wie auf Kraut- und Knollenproduktion, zeigt sich die Wirkung der Düngung auf die Ausbildung des Wurzelsystems. Allerdings ist es auch gerade die Wurzelprobenahme, die mit den grössten Fehlerquellen behaftet ist.

Mehr- resp. Minderproduktion von Wurzeln pro Pflanze in Grammen:

	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte
Kaliwirkung neben O	+ 0.2	— 0.2	+ 3.1
„ „ N	+ 0.1	— 0.5	+ 1.9
„ „ P	— 0.1	+ 0.1	+ 2.7
„ „ NP	+ 0.8	— 0.3	+ 1.6
Mittel	**+ 0.3**	**— 0.2**	**+ 2.3**

	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte
Stickstoffwirkung neben O	+ 0.5	+ 0.8	+ 1.2
„ „ K	+ 0.4	+ 0.5	+ 1.0
„ „ P	+ 0.8	+ 0.7	+ 0.4
„ „ KP	+ 0.4	+ 0.3	— 0.1
Mittel	**+ 0.4**	**+ 0.6**	**+ 0.6**
Phosphorsäurewirkung neben O . .	— 0.1	— 0.9	— 0.7
„ „ K . .	— 0.4	— 0.6	— 1.1
„ „ N . .	— 0.7	— 1.0	— 0.9
„ „ KN . .	— 0.0	— 0.8	— 1.2
Mittel	**— 0.3**	**— 0.8**	**— 1.0**

Immerhin tritt die Stickstoff- und Phosphorsäurewirkung auch hier hervor, ebenso die Kaliwirkung bei der 3. Ernte, während die negative Wirkung des Kalis bei der 2. Ernte nicht recht zu verstehen ist. Die 3. Ernte, die ausgeglichenere Zahlen lieferte, bietet ein ähnliches Bild wie die Düngerwirkung auf den Knollenertrag. Noch besser tritt diese Ähnlichkeit hervor, wenn man die durchschnittliche prozentische Erhöhung der Produktion durch die Düngung berechnet.

Durchschnittliche prozentische Düngerwirkung bei der 3. Ernte

	auf Kraut	auf Knollen	auf Wurzeln
des Kalis	+ 22.3	+ 79.1	+ 34.4
des Stickstoffs	+ 54.8	+ 16.2	+ 4.8
der Phosphorsäure	— 3.0	— 9.1	— 12.2

Ganz ähnlich wie bei der Düngerwirkung auf den Knollenertrag rief das Kali auch eine Steigerung der Wurzelbildung hervor, während der Stickstoff nur eine geringe Wirkung äusserte und die Phosphorsäure eine bedeutende Schädigung der Wurzelbildung bedingte.

Um also die Düngerwirkung auf die Produktion von Trockensubstanz kurz zusammenzufassen, so ergiebt sich:

Die steigernde Wirkung der Kalidüngung war hauptsächlich verursacht durch Erhöhung des Knollenertrages, welche wieder einen deutlichen Zusammenhang mit der gesteigerten Wurzelbildung zeigt.

Stickstoffdüngung wirkte hauptsächlich auf die Produktion von Kraut, während der schädigende Einfluss der Phosphorsäuredüngung in erster Linie auf eine Schädigung des Wurzelsystems zurückzuführen ist.

Der Verbrauch der Mutterknollen unterlag gleichfalls einem Einflusse der Düngung, wenn dieser auch nicht so regelmässig hervortritt. Besonders die 3. und 4. Ernte zeigen, dass die Kaliparzellen weniger von dem Vorrate der Mutterknollen verbrauchten (siehe Tabelle II), obwohl sie später zur selbständigen Produktion gelangt waren.

Auf einem anderen der erwähnten Einzelfelder wurden nach den Aufschreibungen am Göttinger Institut im Jahre 1892 geerntet.

Trockensubstanz, Knollen pro 1 Pflanze in Gramm:

K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP
224.8	160 2	176.8	243 3	177.2	260.6	206.3	133.1

Auch hier sind ganz ähnliche, wenn auch schwächere Düngerwirkungen zu erkennen; äussere Verhältnisse haben hier vielleicht die Düngerwirkung zum Teil verdeckt, wie z. B. Stickstoff allein und in Verbindung mit Phosphorsäure den Ertrag erniedrigt hätte. Immerhin war auch in unserem Falle die Stickstoffwirkung eine geringere; überdies ist nicht ausgeschlossen, dass auf jenem Felde die Erschöpfung des Bodens an Kali bereits soweit vorgeschritten war, dass eine Stickstoffdüngung allein überhaupt keinen Erfolg mehr haben konnte.

Im Anschlusse an diese Erörterungen kann hier auch eine Untersuchung Platz finden. die den Einfluss der Düngung auf die Knollengrösse betrifft. Nach den Notizen des Herrn Keestra, der, wie erwähnt, die Vorarbeiten der vorliegenden Untersuchung ausgeführt hat, ergaben sich folgende Durchschnittsgewichte für die Knollen der 5. Ernte in g:

K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP
92.9	64.7	64.3	96.2	61.3	94.9	89.7	60.7

Ganz ausgesprochen ist auch hier die Kaliwirkung, die durchschnittlich um 31.5 g schwerere Knollen lieferte. Eine deutliche Stickstoffwirkung ist nicht zu erkennen. Eine bedeutendere Erhöhung des Knollengewichtes lieferte nur KNP gegen KP, **NP** gegen P eine Erniedrigung, die übrigens wahrscheinlich auf einem Fehler beruht (vgl. KNP gegen **NP**, P gegen **NP**). Auch der Einfluss der P-Düngung ist unregelmässig und unbedeutend.

Nimmt man auch hier die Korrekturen nach der Differenzmethode vor, so erhält man eine durchschnittliche Erhöhung

des Knollengewichtes durch Kali um ca. 31 g, durch Stickstoff um ca. 2.5 g, eine Erniedrigung durch Phosphorsäure um ca. 3.5 g. Danach bestätigt sich MÄRCKERS[1]) Vermutung, dass jede die Vegetation fördernde Düngung auch die Knollengrösse günstig beeinflusse — deutlich wenigstens für das Kali, während die Vergrösserung des Knollengewichtes durch Stickstoffdüngung nicht in gleichem Verhältnis wie die Erhöhung des Ertrages eintrat.

IV. Die Wirkung der Düngung auf den prozentischen Gehalt an Kali, Stickstoff und Phosphorsäure.

Die Bestimmungen dieser drei Nährstoffe wurden nach den gebräuchlichen analytischen Methoden ausgeführt, und zwar die Stickstoffbestimmungen nach der Methode von KJELDAHL (verbessert von WILFARTH), Kali und Phosphorsäure in der Aschenlösung bestimmt. Zur Herstellung der Aschenlösung wurden ca. 50—60 g Substanz bei schwacher Rotglut in der Nickelschale verkohlt, um einen Kaliverlust durch starkes Glühen zu vermeiden. Diese Kohle wurde mit heissem Wasser ausgelaugt, wodurch der grösste Teil der Alkalien in Lösung ging. Jetzt erst wurde der Rückstand vollständig verascht, in Salzsäure gelöst und mit dem ersten Filtrat vereint. Nach Abscheidung der Kieselsäure wurde die Lösung auf 500 ccm gebracht. Da sich die vollständig ausgeglühte Asche in Salzsäure nur schwierig löste und besonders die Phosphorsäure schwer in Lösung ging, wurde sie längere Zeit in Königswasser gekocht, so dass der Rückstand, mit kohlensaurem Kalium-Natrium aufgeschlossen, keine P_2O_5-Reaktion mehr ergab. Einige der Lösungen, die im Beginn der Arbeiten ohne Behandlung mit Königswasser hergestellt waren, wurden bloss zur Kalibestimmung verwendet, und zur Phosphorsäurebestimmung neue Lösungen nach einem Verfahren, welches im landwirtschaftlichen Laboratorium in Halle üblich ist,[2]) in der Weise hergestellt, dass 20 g Substanz mit Schwefel- und Salpetersäure aufgeschlossen und auf ein bestimmtes Volumen gebracht wurden. Das Kalium wurde als

[1]) MÄRCKER, Kalidüngung p. 199.

[2]) Die agrikulturchem. Versuchs-Station Halle a. S., Dr. BIELER und Dr. SCHNEIDEWIND.

Kaliumplatinchlorid, die Phosphorsäure nach der Molybdänmethode gewichtsanalytisch bestimmt.

Der prozentische Gehalt der einzelnen Pflanzenteile ist in Tabelle III angegeben. Um die Düngerwirkungen auf den Nährstoffgehalt leicht vergleichen zu können, wurden in gleicher Weise, wie beim Vergleiche der Düngerwirkung auf die Produktion von Trockensubstanz, Zusammenstellungen gemacht, die zugleich Analysenfehler leicht aufzufinden ermöglichen.

Die Zahlen für die Erhöhung resp. Erniedrigung des Stickstoffgehaltes der ganzen Pflanze stellen sich folgendermassen:

Wirkung der Düngung auf den prozentischen Gehalt an Stickstoff:

		1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
Stickstoffwirkung	neben O	+ 0.751	+ 0.445	+ 0.739	+ 0.799	+ 0.357
„	„ K	+ 0.338	+ 0.449	+ 0.732	+ 0.705	+ 0.545
„	„ P	+ 0.222	+ 0.443	+ 0.617	+ 0.383	+ 0.492
„	„ KP	+ 0.484	+ 0.272	+ 0.582	+ 0.677	+ 0.644
	Mittel	**+ 0.449**	**+ 0.402**	**+ 0.668**	**+ 0.641**	**+ 0.509**
Kaliwirkung	neben O . . .	+ 0.009	— 0.523	— 0.663	— 0.546	— 0.606
„	„ N . . .	— 0.404	— 0.519	— 0.670	— 0.640	— 0.418
„	„ P . . .	— 0.292	— 0.399	— 0.561	— 0.673	— 0.604
„	„ NP . . .	— 0.030	— 0.574	— 0.594	— 0.434	— 0.412
	Mittel	**— 0.179**	**— 0.504**	**— 0.622**	**— 0.578**	**— 0.520**
Phosphorsäurew.	neben O	+ 0.082	— 0.149	— 0.040	+ 0.174	— 0.110
„	„ K	— 0.219	— 0.025	+ 0.062	— 0.008	— 0.068
„	„ N	— 0 447	— 0.519	— 0.162	— 0.242	+ 0.025
„	„ KN	— 0.073	— 0.574	— 0.086	— 0.036	+ 0.031
	Mittel	**— 0.164**	**— 0.817**	**— 0.056**	**— 0.028**	**— 0.046**

Der Stickstoffgehalt wurde in allen Fällen durch eine N-Düngung gleichmässig erhöht, durch Kali und Phosphorsäure fast durchgehends erniedrigt. Eine Kalidüngung ermöglichte der Pflanze eine bessere Ausnützung des Stickstoffs, wodurch der prozentische Gehalt ein geringerer wurde. Der Einfluss der Phosphorsäure ist an und für sich ein geringerer und nicht so gleichmässig wie der des Stickstoffs und des Kalis. Analysenfehler, auf welche diese Unregelmässigkeiten schliessen liessen,

können nicht vorliegen, da alle Analysen doppelt gemacht und in zweifelhaften Fällen nochmals wiederholt wurden.

In ähnlicher Weise wie bei der ganzen Pflanze machten sich die Düngerwirkungen auf den Stickstoffgehalt der einzelnen Teile der Pflanze geltend.

<table>
<tr><td></td><td colspan="6">Durchschnittliche</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Stickstoffwirkung</td><td colspan="3">Kaliwirkung</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="6">auf den Stickstoffgehalt von</td></tr>
<tr><td></td><td>Wurzel</td><td>Kraut</td><td>Knollen</td><td>Wurzel</td><td>Kraut</td><td>Knollen</td></tr>
<tr><td>1. Ernte . .</td><td>+ 0.439</td><td>+ 0.269</td><td>—</td><td>+ 0.056</td><td>— 0.443</td><td>—</td></tr>
<tr><td>2. Ernte . .</td><td>+ 0.359</td><td>+ 0.546</td><td>+ 0.236</td><td>— 0.279</td><td>— 0.340</td><td>— 0.042</td></tr>
<tr><td>3. Ernte . .</td><td>+ 0.385</td><td>+ 0.789</td><td>+ 0.355</td><td>— 0.359</td><td>— 0 359</td><td>— 0.351</td></tr>
<tr><td>4. Ernte . .</td><td colspan="2">+ 0.704</td><td>+ 0 493</td><td colspan="2">— 0.572</td><td>— 0.481</td></tr>
<tr><td>5. Ernte . .</td><td colspan="2">+ 0.473</td><td>+ 0.460</td><td colspan="2">— 0.436</td><td>— 0.512</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="3">Durchschnittliche Phosphorsäurewirkung</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">auf den Stickstoffgehalt von</td></tr>
<tr><td></td><td>Wurzel</td><td>Kraut</td><td>Knollen</td></tr>
<tr><td>1. Ernte . . . .</td><td>— 0.046</td><td>— 0.137</td><td>—</td></tr>
<tr><td>2. Ernte . . . .</td><td>— 0.091</td><td>— 0.097</td><td>+ 0.044</td></tr>
<tr><td>3. Ernte . . . .</td><td>— 0.213</td><td>— 0.120</td><td>— 0.016</td></tr>
<tr><td>4. Ernte . . . .</td><td colspan="2">— 0.078</td><td>+ 0.004</td></tr>
<tr><td>5. Ernte . . . .</td><td colspan="2">— 0.087</td><td>— 0.013</td></tr>
</table>

Für die Stickstoffwirkung ist eine stärkere Beeinflussung des Stickstoffgehaltes des Krautes gegenüber dem der Knollen wahrzunehmen, während die Kaliwirkung in gleichem Masse sich bei Wurzeln, Kraut und Knollen geäussert zu haben scheint. Die Phosphorsäurewirkung, die sich auf den Stickstoffgehalt der ganzen Pflanze nur gering und undeutlich zeigte, tritt beim Stickstoffgehalte des Krautes deutlicher hervor, während die Erhöhung und Erniedrigung des Gehaltes der Knollen so gering ist, dass der Einfluss der Phosphorsäure auf den Stickstoffgehalt der Knollen gleich Null zu setzen ist. Das Kraut ist demnach bezüglich seines Stickstoffgehaltes einer grösseren Beeinflussung durch die Düngung unterworfen, als die Knollen.

Der Kali- und auch der Phosphorsäuregehalt wurden nur in der ganzen Pflanze bestimmt (Tabelle IV). Das Bild, das hier der Vergleich der Düngerwirkung zeigt, ist wesentlich ein anderes, als beim Stickstoffgehalte.

Wirkung der Düngung auf den prozentischen Gehalt an Kali:

	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
Kaliwirkung neben O . .	+ 1.513	+ 2.365	+ 1.490	+ 1.214	+ 0.950
„ „ N . .	+ 3 105	+ 2.631	+ 2.406	+ 2 073	+ 1 340
„ „ P . .	+ 1.940	+ 1.983	+ 1.540	+ 1.071	+ 0.810
„ „ NP . .	+ 2.536	+ 2.227	+ 2.325	+ 1.876	+ 1.460
Stickstoffwirkung neben O .	— 0.037	— 0.153	— 0.336	— 0 184	— 0.190
„ „ K .	+ 0.555	+ 0.113	+ 0.580	+ 0.682	+ 0.200
„ „ P .	+ 0.010	+ 0.140	— 0.027	— 0.182	— 0.110
„ „ KP	+ 0.606	+ 0.384	+ 0.758	+ 0.623	+ 0 540
Phosphorsäurew. neben O .	+ 0.197	— 0.066	— 0 128	+ 0.027	— 0.070
„ „ K .	— 0.376	— 0.448	— 0.078	— 0.116	— 0.210
„ „ N .	+ 0.244	+ 0.227	+ 0.181	+ 0.029	+ 0.010
„ „ KN	— 0.325	— 0.177	+ 0.100	— 0.175	+ 0.130

Während der Stickstoffgehalt durch die gleiche Düngung immer in gleicher Weise beeinflusst wurde, gleichgiltig, ob diese Düngung allein oder in Kombination mit einer zweiten gegeben wurde, wird der Kaligehalt durch dieselbe Düngung in sehr verschiedener Weise beeinflusst. Eine Kalidüngung brachte in allen Fällen zwar eine Erhöhung des Kaligehaltes, aber diese Erhöhung ist besonders in den ersten Perioden sehr verschieden gross. Ein Blick auf vorstehende Tabelle lässt aber zugleich die Regelmässigkeit, die in dieser Verschiedenheit herrscht, erkennen.

Die Kaliwirkung ist ganz regelmässig besonders stark bei KN gegen N und KNP gegen NP, während sie bei K gegen O und KP gegen P bedeutend geringer ist. Offenbar hat also der Stickstoff im Verein mit Kali die Pflanze zu erhöhter Kaliaufnahme angeregt, und zwar hat sich diese Stickstoffwirkung, wie auch alle anderen, hauptsächlich in der Jugendzeit der Pflanze geltend gemacht. Dieselbe Verschiedenheit, wie die Kaliwirkung, zeigt notwendig auch die Stickstoffwirkung, da Stickstoff allein den Kaligehalt erniedrigte, mit Kali hingegen gegenüber blosser Kalidüngung erhöhte. Stickstoff und Kali haben also vereint besonders stark auf den Kaligehalt eingewirkt.

Der Einfluss der Phosphorsäure ist auch hier nicht klar, jedenfalls aber unbedeutend.

Der Phosphorsäuregehalt wurde, wie die folgende Übersicht zeigt, durch jede Düngung erniedrigt.

Wirkung der Düngung auf den prozentischen Gehalt an Phosphorsäure:

		1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
Phosphorsäurew.	neben O	— 0.037	— 0.089	— 0.034	+ 0.020	— 0.032
„	„ K	— 0.090	— 0.095	— 0.151	— 0.191	— 0.020
„	„ N	— 0.091	— 0.224	— 0.112	— 0.173	— 0.032
„	„ KN	+ 0.015	— 0.042	— 0.044	— 0.047	— 0.022
Kaliwirkung	neben O . .	— 0.013	— 0.062	— 0.091	— 0.119	— 0.201
„	„ N . .	+ 0.009	— 0.203	— 0.185	— 0.167	— 0.148
„	„ P . .	— 0.066	— 0.068	— 0.208	— 0.230	— 0.184
„	„ NP . .	+ 0.115	— 0.016	— 0.117	— 0.041	— 0.138
Stickstoffwirkung	neben O	— 0.123	+ 0.022	— 0.025	— 0.046	— 0.108
„	„ K	— 0.101	— 0.119	— 0.119	— 0.094	— 0.055
„	„ P	— 0.177	— 0.118	— 0.103	— 0.239	— 0.108
„	„ KP	+ 0.004	— 0.066	— 0.012	— 0.050	— 0.062

Für eine Kali- und Stickstoffdüngung ist diese Erniedrigung wohl erklärlich, da die grosse Menge Phosphorsäure im Boden die ungedüngte Pflanze ein Maximum an Phosphorsäuregehalt erreichen liess, ohne dass die Pflanze imstande war, die Phosphorsäure auszunützen. Sowohl durch eine Kali- wie durch eine Stickstoffdüngung wurde die Pflanze befähigt, mehr organische Substanz zu produzieren, sie verwertete also die gebotene Phosphorsäure besser und verringerte ihren prozentischen Gehalt. Aber auch eine Phosphorsäuredüngung erniedrigte den Phosphorsäuregehalt, eine Beobachtung, die auch bei andern Pflanzen bereits auf dem Boden des Göttinger Versuchsfeldes gemacht wurde.[1])

Es soll hier nur darauf hingewiesen werden, dass die Resultate dieser Abschnitte vielfach bestätigen, dass aus der Analyse der Pflanze auf den Nährstoffgehalt des Bodens geschlossen werden könne,[2]) indem die Pflanze ihren prozentischen Gehalt bei Düngung bis zu einem gewissen Maximum erhöht, so lange als diese Düngung noch förderlich auf ihre Produktion wirkt. Wir haben deutlich die Erhöhung des Kali- und Stickstoffgehaltes Hand in Hand gehen gesehen mit der Erhöhung der Produktion durch diese Nährstoffe, und haben umgekehrt ein Sinken des Phosphorsäuregehaltes mit der Schädigung des Ertrages durch Phosphorsäuredüngung beobachten können.

Um eine Beurteilung zu ermöglichen, ob die gegebene Menge an Nährstoffen eine genügende war, die grösstmögliche

---

[1]) Siehe Journal f. Landw. 1995, pag. 106, 140.

[2]) Helmkampf, Mitteilungen aus dem landw. physiol. Laboratorium Göttingen. Journal f. Landw. 1892, pag. 167, 168.

Produktion hervorzurufen, soll ein kurzer Vergleich der Düngermenge mit der grössten, in den fünf Ernten zurückerhaltenen Menge an Kali, Stickstoff und Phosphorsäure angestellt werden. (S. Tabelle V.) Es wurden durch Kalidüngung mehr erhalten:

K	gegen	O	446.2	g K_2O von 100 Pflanzen.
KN	„	N	656.6	„ „ „ „ „
KP	„	P	411 5	„ „ „ „ „
KNP	„	NP	591.6	„ „ „ „ „
Durchschnitt			526.5	g K_2O von 100 Pflanzen.

In der Düngung von 3 kg Pottasche pro Parzelle waren enthalten 2043 g K_2O. Im Durchschnitte wurde also von der auf 100 Pflanzen entfallenden Düngung von 1021 g nur etwas mehr als die Hälfte (51 %) zur Mehrproduktion (und Erhöhung des prozentischen Gehaltes) verwendet. Selbst die absolute Maximalernte an Kali bei Parzelle KN mit 843.4 g lieferte bei weitem nicht die in der Düngung gegebene Menge zurück. Jedenfalls war also an Kali ein bedeutender Überschuss vorhanden.

Nicht ganz so verhält es sich mit der Stickstoffernte. Durch Stickstoffdüngung wurden mehr erhalten:

N	gegen	O	161.7	g N pro 100 Pflanzen.
NK	„	K	215.9	„ „ „ „ „
NP	„	P	115.6	„ „ „ „ „
NKP	„	KP	205.6	„ „ „ „ „
Durchschnitt			174.7	g N pro 100 Pflanzen.

Gegeben wurden in 3 kg $NaNO_3$ pro Parzelle 465 g Stickstoff. Von 232.5 g Düngerstickstoff pro 100 Pflanzen kamen also im durchschnittlichen Mehrertrage 75 % zurück; der grösste Mehrertrag bei KN gegen K erreicht nicht ganz die in der Düngung gegebene Menge an Stickstoff (93 %), so dass wohl auch an Stickstoff kein Mangel gewesen sein kann, wennschon der Überschuss an Kali ein viel bedeutender gewesen ist.

Die Phosphorsäure hat selbstverständlich auch die Phosphorsäureernte herabgedrückt, wie sie die Trockensubstanzproduktion und den prozentischen Gehalt erniedrigt hat, da sie bereits im Boden im Überschuss vorhanden war. 100 Pflanzen lieferten von den Phosphorsäure-Parzellen im Durchschnitt 13.1 g oder 12.3 % weniger an Phosphorsäure in der Ernte.

V. Die Wirkung der Düngung auf den Verlauf der Stoffaufnahme.

Um den Einfluss der Düngung auf den Verlauf der Stoffaufnahme kennen zu lernen, müssen die Ernteresultate der acht

Parzellen, abgesehen von ihrer absoluten Höhe, in direkten Vergleich gesetzt werden, wodurch die relative Zunahme an Trockensubstanz, Kali, Stickstoff und Phosphorsäure zu erkennen sein wird. Dies geschah in derselben Weise, wie es Prof. LIEBSCHER in seiner Arbeit über den Verlauf der Stoffaufnahme gethan hat, dass die absoluten Ernteergebnisse der einzelnen Perioden in Prozenten der grössten Erntemenge ausgedrückt wurden, um dann in ein Koordinatensystem mit den Abscissen der Zeit aufgetragen zu werden. Die entstehenden Kurven der Tafel I und II bieten ein anschauliches Bild des Verlaufes der Stoffaufnahme und dienen wesentlich zur Unterstützung beim Vergleiche der einzelnen Düngerwirkungen. Um für alle diese Kurven auch den gleichen Anfangspunkt zu haben, wurde die Trockensubstanz-, Kali-, Stickstoff- und Phosphorsäure-Menge des Saatgutes von den betreffenden Erntemengen in Abzug gebracht. Da eine Untersuchung des Saatgutes aus Mangel an Material bloss für Stickstoff gemacht werden konnte, wurde für Kali- und Phosphorsäure der Durchschnittsgehalt der 5. Ernte aller Parzellen angenommen, so dass in 1875 g Saatgut-Trockensubstanz pro 100 Pflanzen 21.1 g N (1.181 %), 35.6 g K_2O (1.899 %) und 10.6 g P_2O_5 (0.567 %) berechnet wurden.

Es soll zunächst untersucht werden, ob und inwiefern die Düngung einen Einfluss geäussert hat auf den Verlauf der Trockensubstanzproduktion.

Trockensubstanz-Produktion in Prozenten der grössten Erntemenge:

	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
K	— 0.4	20.4	52.6	87.5	100
N	+ 2.2	38.3	78.7	99.6	100
P	— 2.9	33.3	68.9	94.6	100
KNP	+ 1.1	19.3	55.5	89.6	100
O	— 1.8	34.2	70.3	100	—
KN	+ 0.8	22.9	56.5	89.2	100
KP	— 0.5	17.8	50.4	83.1	100
NP	— 1.6	35.9	75.4	100	—

Von den Verschiedenheiten, die durch die Düngung hervorgerufen sind, fällt zunächst in die Augen, dass sämtliche mit Kali gedüngten Parzellen gegenüber den anderen zurückbleiben, das heisst aber nichts anderes, als dass ihre Vegetationszeit verlängert ist. Ein weiterer Unterschied ist besonders zwischen den Stickstoff- und Kali-Parzellen zu konstatieren, der besonders

deutlich wird, wenn man die relativen Zunahmen der einzelnen Parzellen von einer Ernte zur anderen in der Weise vergleicht, wie dies schon zur Ermittelung der Düngerwirkung geschehen ist.

Düngerwirkung auf die prozentische Zunahme von Trockensubstanz:

	1.—2. Ernte	2.—3. Ernte	3.—4. Ernte	4.—5. Ernte
Kaliwirkung O . . .	— 15.2	— 3.9	+ 5.2	+ 12.5
„ N . . .	— 14.0	— 6.8	+ 11.8	+ 10.4
„ P . . .	— 15.9	— 3.0	+ 7.0	+ 11.5
„ NP . .	— 19.3	— 3.3	+ 9.5	+ 10.4
Mittel	**— 16.4**	**— 4.25**	**+ 8.4**	**+ 11.2**
Stickstoffwirkung O .	+ 0.1	+ 4.3	— 8.8	+ 0.4
„ K .	+ 1.3	+ 1.4	— 2.2	— 1.7
„ P .	+ 1.3	+ 3.9	— 1.1	— 5.4
„ KP	— 0.1	+ 3.6	+ 1.4	— 6.5
Mittel	**+ 1.3**	**+ 3.3**	**— 2.7**	**— 3.3**

Die relative Zunahme ist bei Kalidüngung in der Jugend bedeutend geringer, bei Stickstoffdüngung erhöht, umgekehrt ist das Verhältnis in der späteren Vegetation. Auch die Kurven (Tafel I und II) der Stickstoffparzellen lassen ein steileres Ansteigen in der Jugend erkennen. Die Phosphorsäure scheint keinen regelmässigen Einfluss auf den Verlauf von Trockensubstanz-Produktion genommen zu haben, was ja bei ihrer Unwirksamkeit in allen anderen Fällen erklärlich ist. Abgesehen von der Verlängerung der Vegetationszeit hat demnach die Kalidüngung die höchste Produktion in der Zeit von der 3. zur 4. Ernte und von der 4. zur 5. hervorgerufen, die Stickstoffdüngung aber in der Zeit vor der 1. und von der 1. zur 2. Ernte das steilste Ansteigen der Trockensubstanzkurve bewirkt. Doch war der Einfluss der Düngung nicht so stark, um nicht die allgemeine Charakteristik, die auch Prof. Liebscher für die Kartoffelpflanze aufgestellt hat, noch deutlich erkennen zu lassen.[1]) Sämtliche Kurven zeigen bis zur 1. Ernte, das ist mehr als $^2/_5$ der ganzen Vegetationszeit, keine oder nur ganz geringe Produktion, die dann ziemlich gleichmässig bei den Kaliparzellen noch bis zur 3. Ernte in einem sanft konkaven Bogen, bei den Stickstoffparzellen schon nach der ersten Ernte in konvexem Bogen ansteigen. Die Unterbrechung der Trockensubstanzproduktion in der Periode der Fruchtbildung, welche aus

[1]) Journal f. Landwirtsch. 1887, Tafel X.

der Tafel Prof. LIEBSCHER's hervorgeht,[1]) konnte im vorliegenden Versuche nicht statthaben, da die verwendete Kartoffelsorte „Oehmichen“ zu einer Fruchtbildung nicht gelangt.

Um den Verlauf der Nährstoffaufnahme in Vergleich zu setzen mit der gebildeten Trockensubstanz, wurden die Nährstoffmengen, die in den Ernten vorgefunden wurden, ebenfalls in Prozenten ausgedrückt. Da aber, wie wir früher gesehen hatten, die Parzellen zu verschiedenen Zeiten ihr Wachstum eingestellt hatten, wurde die Umrechnung der absoluten Menge an Nährstoffen und Trockensubstanz nicht in Prozenten der letzten, sondern der 4. Ernte vorgenommen, um den störenden Einfluss der Düngung auf die Dauer der Vegetationszeit zu eliminieren.

Bevor aber die Düngerwirkungen auf den Verlauf der Nährstoffaufnahme besprochen werden, müssen die absoluten Mengen der aufgenommenen Nährstoffe näher betrachtet werden (Tabelle V). Vor allem sind es die Zahlen für die Stickstoffmenge, die einer Erörterung bedürfen. Es war bereits einigemal bemerkt, dass die nicht mit Kali gedüngten Parzellen schon zur Zeit der 4. Ernte abzusterben begannen, dass also in diesen Fällen von der 4. zur 5. Ernte kein Zuwachs oder sogar eine Verminderung der Trockensubstanz eintrat. Die absolute Stickstoffmenge erfuhr aber in diesen Fällen eine so starke Abnahme, dass deren Möglichkeit untersucht werden muss. Am grössten ist dieser Verlust bei Parzelle N. Der Stickstoffgehalt von 100 Pflanzen dieser Parzellen war bei der 4. Ernte 364.4 g, bei der 5. nur 295.3 g, der Verlust mithin 69.1 g pro 100 Pflanzen. Dieser Verlust könnte nach dem früher Gesagten auf Rechnung des absterbenden Krautes gesetzt werden.

Abgesehen von Verlusten anderer Art entsprechen 69.1 g N 2046.8 g Kraut mit dem Stickstoffgehalte von 3.376 % (4. Ernte). Vorausgesetzt, dass nach der 4. Ernte keine weitere Produktion an Kraut erfolgte, blieben von 5590 g Kraut der 4. Ernte noch 3550 g. Faktisch geerntet wurden zur Zeit der 5. Ernte 3899 g Kraut. Die geringe Menge von 349 g pro 100 Pflanzen konnte sehr wohl noch produziert werden, wenn auch das Kraut bereits im Absterben begriffen war. Es ist also sehr wohl möglich, dass durch das Absterben des Krautes ein so grosser Stickstoff-

[1]) Journal f. Landwirtsch. 1887, Tafel X.

verlust verursacht wurde. Allerdings ist dabei die Ausnahme nicht zu umgehen, dass auch die Zunahme an Knollengewicht von 1700 g pro 100 Pflanzen durch die noch andauernde Assimilation der lebenden Blätter dem Kraute ersetzt wurde. Auch diese geringe Zunahme ist sehr leicht möglich, da ja das Absterben bei der Kartoffel langsam erfolgt und die noch grünen Blätter weiter assimilierten. Von Genauigkeit ist bei dieser Berechnung selbstverständlich nicht die Rede und die angeführten Zahlen haben nur den Zweck, zu zeigen, dass der Blattverlust so erhebliche Verluste an Nährstoffen verursachen kann, dass also keineswegs Fehler irgend welcher Art vorgekommen sein müssen. In derselben Weise erklären sich die geringeren Stickstoffverluste bei den übrigen, nicht mit Kali gedüngten Parzellen. Einen geringen Verlust an Stickstoff weist auch Parzelle K + N auf, nur K und KP vermehrten ihren Stickstoffgehalt bis zum Schlusse der Vegetation, da sie am spätesten abstarben, wie die absoluten Zahlen der Mehrproduktion von der 4. zur 5. Ernte beweisen, die für diese zwei Parzellen verhältnismässig am grössten sind.

Es wäre nunmehr zu erwarten, dass in ähnlicher Weise durch den Verlust an Blättern ein Verlust an Kali und Phosphorsäure hätte eintreten müssen. Dies trat aber für Kali nur in einem Falle bei Parzelle KN ein, in allen anderen Fällen ist noch eine grössere oder kleinere Kaliaufnahme zu vermerken. Der grosse Kaliverlust bei KN ist aber keinesfalls durch die abgestorbenen Blätter verursacht, da dementsprechend ein Blattverlust von 2194 g pro 100 Pflanzen stattgefunden haben müsste (als Kaligehalt der Blätter wurden 3.591 % der von Parzelle KNP angenommen), während die Stickstoffabnahme nur auf einen Verlust von 704 g Blättern schliessen lässt, und nicht angenommen werden kann, dass bei dieser Parzelle gerade noch eine Stickstoffaufnahme und nicht eine Kaliaufnahme stattgefunden habe. Ein Fehler liegt also ganz gewiss vor, doch ist nicht zu entscheiden, worin er gelegen haben mag. Die Zunahme an Kali von der 4. zur 5. Ernte tritt sonst bei allen Parzellen deutlich hervor. Sie muss aber bei jenen Parzellen, wo ein starker Blattverlust stattfand, also bei allen nicht mit Kali gedüngten, noch grösser gewesen sein, es sei denn, dass man annehmen wollte, dass das Kali beim Absterben der Blätter vollständiger in die Knollen wandere, als der Stickstoff.

In gleicher Weise muss die Zunahme der Phosphorsäure von der 4. zur 5. Ernte eine grössere gewesen sein, als es die absoluten Zahlen der Tabelle angeben.

Selbst bei Parzelle N, die einen geringen Verlust, und bei Parzelle P, die keine Zunahme an Phosphorsäure aufweist, muss noch eine Zunahme an Phosphorsäure stattgefunden haben, da bei diesen Parzellen auch eine ansehnliche Menge an Phospor-säure in den abgestorbenen Blättern verloren ging.

Auf einen Fehler muss hier aufmerksam gemacht werden, der offenbar bei Parzelle NP geschehen ist. Diese produzierte an Phosphorsäure nach Tabelle V.

1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
15.5	45.4	72.7	65.4	77.6

Eine Abnahme der gesamten Phosphorsäuremenge schon von der 3. zur 4. Ernte ist unmöglich. Der Vergleich der Düngerwirkung auf den prozentischen Gehalt (s. pag. 23) ergiebt auch ganz deutlich, dass der Fehler in der Analyse stecken muss. Leider war eine Wiederhohlung der Analyse nicht mehr möglich, so dass eine Korrektur vorgenommen werden musste. Nach der Differenzmethode berechnet sich der Fehler zu 0.12 %. Zur selben Zahl kommen wir, wenn wir den mutmasslich richtigen Phosphorsäuregehalt folgendermassen berechnen.

Durchschnittliche Abnahme des P_2O_5-Gehaltes von der 4. zur 5. Ernte aller Parzellen mit Ausschluss von Parzelle NP .	0.0166 %
Gehalt der 5. Ernte der Parzelle NP	0.5810 %
Mutmasslich richtiger Gehalt der 4. Ernte von NP	0.5976 %
Gegen den analytisch gefundenen	0.4810 %
Differenz	0.1166 % (Differenzmethode 0.12).

Demnach Gesamtphosphorsäure in der 4. Ernte der Parzelle NP 81,5 g pro 100 Pflanzen.

Wenn auch gegen diese Korrektur berechtigte Einwände erhoben werden können, so entspricht sie gewiss mehr der Wirklichkeit, als die gefundene, direkt unmögliche Zahl.

Es soll nunmehr der Einfluss der Düngung auf den Verlauf der Stoffaufnahme untersucht werden. Die Zahlen, welche sich durch Umrechnung der absoluten Mengen Trockensubstanz, Kali, Stickstoff und Phosphorsäure auf Prozente der 4. Ernte ergeben, sind in Tabelle IV angegeben, und hiernach die Kurven konstruiert, welche Tafel I und II darstellen.

Um nun die relative Nährstoffaufnahme der einzelnen Perioden im Verhältnis zur relativen Zunahme an Trockensubstanz zahlenmässig auszudrücken, wurde die prozentische Zunahme an Trockensubstanz von einer Ernte zur andern jedesmal gleich 100 gesetzt, wonach sich für die relative Stickstoffzunahme folgende Zahlen ergeben.

Relative Stickstoffzunahme im Verhältnis zur Zunahme an Trockensubstanz:

	1.—2. Ernte	2.—3. Ernte	3.—4 Ernte	4.—5. Ernte
Trockensubstanz . .	100	100	100	100
K	189	59	50	30
N	117	85	29	0
P	126	54	53	0
KNP	121	94	67	0
O	159	58	19	—
KN	139	87	61	0
KP	192	79	36	14
NP	129	86	22	—

Die diesbezüglichen Zahlen, nach denen Professor Liebscher ein Stickstoffbedürfnis der Kartoffel auch am Schlusse der Vegetation konstatierte, sind:[1])

4.–25./VI.	Trockensubstanz	= 100,	Stickstoff	346
25./VI.—2./VII.	„	= 100,	„	230
2./VII.—6./VIII.	„	= 100,	„	18
6./VIII.—10./IX.	„	= 100,	„	156

Hier also tritt gegen Ende der Vegetation eine gesteigerte Stickstoffaufnahme ein, von der in unserem Beispiele in keinem Falle die Rede sein kann. Es ist wohl möglich, dass die Erklärung dieses Widerspruches in der Fruchtbildung der Kartoffel des Versuches von Kellermann zu suchen sei. Gewiss ist ja, dass die Pflanze zur Fruchtbildung den Stickstoff dem Kraute entziehen muss. Da aber während der Fruchtbildung die Nährstoffaufnahme sistiert wird, wie aus den Kurven Professor Liebschers hervorgeht, musste die Pflanze zur Weiterproduktion nach Vollendung der Fruchtbildung neue Stickstoffmengen aufnehmen.

Die Sistierung der Trockensubstanzproduktion zur Zeit der Fruchtbildung scheint allen unseren Kulturpflanzen eigentümlich zu sein. Wir finden beispielsweise für die Kartoffel in den

[1]) Journal f. Landw. 1887, pag. 434.

Versuchen Hoffmeisters[1]) folgende Mengen wöchentlicher Ernten vom 14. Juni bis 22. August.

Trockensubstanz in Grammen:

	0.9	2.25	3.5	22.7	34.1	55.2	44.7	64.0	80.0	86.3
Zunahme	1.35	1.25	19.2	11.4	21.1		8.8	16.0	6.3	

Die 4. Ernte bezeichnet Hoffmeister als den Zeitpunkt des Anfangs der Blüte, die bis zur 7. Ernte dauerte. Von der 6. zur 8. Ernte ist eine deutliche Depression der Produktion wahrnehmbar. Auch in den Resultaten Königs[2]) tritt zur Blütezeit ein Stocken im Wachstum ein, welches zwar, wie König darthut, mit der geringen Wärmemenge jener Periode im Zusammenhange steht. Immerhin ist es wahrscheinlich, dass hier die Blütezeit jene Wärmewirkung unterstützt hat. Auch bei den Getreidepflanzen findet dieses Stocken im Wachstum zur Blütezeit statt, nur ist bei den Getreidepflanzen mit der Fruchtbildung die Aufgabe der Pflanze erfüllt und die Vegetation überhaupt damit grösstenteils abgeschlossen. Die Pflanze transportiert die während ihres Lebens gesammelten Reservestoffe in die Frucht, ohne neuerdings nach der Fruchtbildung zu assimilieren und Nährstoffe aufzunehmen. Beim Mais, dessen Wachstum nicht so plötzlich, wie bei unseren Getreidearten nach der Blüte aufhört, ist die Verminderung der Produktion und Nährstoffaufnahme gleichfalls bemerkbar. Sowohl die Kurven, die Professor Liebscher[3]) für den Verlauf der Nährstoffaufnahme des Mais konstruierte, zeigen dies sehr deutlich, als auch andere Versuche, die über die Zunahme der Trockensubstanz beim Mais angestellt wurden. Kreusler,[4]) der bei seinen Versuchen mit Mais die gleiche Beobachtung machte, fasst sie in den Sätzen zusammen,

a) „dass die (erste) Kulmination des Trockengewichtszuwachses zeitlich genau zusammenfällt mit der Maximalentwicklung der männlichen Blüten und ferner mit den ersten konstatierbaren Spuren des Kolbenansatzes.

[1]) Bestimmung des Trockengewichtes verschiedener Pflanzen. Landw. Jahrbücher 1876, pag. 719.

[2]) Trockengewichtsbestimmungen etc. Landw. Jahrbücher 1876, pag. 660.

[3]) Journal f. Landw. 1887, Tafel V und VI.

[4]) Betrachtungen über das Wachstum der Maispflanze. Landw. Jahrb. 1879, pag. 618.

b) Dass die (erste) erhebliche Depression des Gesamtwachstums zusammenfällt mit einem deutlichen Rückgang der männlichen Blüten und zugleich mit beginnender Verstärkung des Kolbenansatzes.

c) Dass mit der Heranbildung deutlich entwickelter, von den Spindeln mechanisch trennbarer Körner (also nachdem die extraordinäre Arbeitsleistung im Wachstum vollendet sein mag) die allgemeine Wachstumsverzögerung aufhört und einer von neuem und nochmals recht lebhaften gesteigerten Zuwachsthätigkeit Platz machte."

Mit dieser Wachstumsverzögerung durch die Fruchtbildung steht in natürlichem Zusammenhange die Steigerung der Produktion durch Verhinderung der Fruchtbildung, eine in der Gärtnerei praktisch verwertete Thatsache. Nach Wollny[1]) begünstigt auch bei den Kartoffeln das Abschneiden der Blüten die Knollenbildung.[2]) Umgekehrt kann man nach Knight und Langethal Kartoffeln zu reichlicher Blüte durch Abschneiden der Knollen bringen.[3])

Daher kommt es auch, dass Pflanzen, die keine oder wenig Früchte bilden, in ihren Kurven diese Depressionen nicht erkennen lassen, wie beispielsweise die Kleearten einen deutlichen Paralellismus der Nährstoffkurve mit der Trockensubstanzkurve aufweisen. Es scheint also die physiologische Erklärung der verschiedenen Charakteristik der Nährstoffkurven verschiedener Pflanzen zu einem erheblichen Teile in ihrer ungleichen Inanspruchnahme der Thätigkeit der Pflanze zur Fruchtbildung zu liegen. Geht man von dieser Annahme, wie es Prof. Liebscher in seinen Vorlesungen thut, aus, so erklärt sich die Verschiedenheit der Kurven von Kellermann und den vorliegenden sehr ungezwungen.

Kehren wir zu unserem Versuche zurück, so ist ein starkes Stickstoffbedürfnis nur für die Zeit der ersten Hälfte der Vegetation nachweisbar. Dass dieses in der Zeit vor der 1. Ernte ein noch bedeutenderes war, als in der Zeit von der 1. zur 2. Ernte, zeigen die Zahlen von Tabelle V und der

---

[1]) Forschungen auf dem Gebiete der Agric.-Physik 1887, pag. 215.

[2]) Leydheckers Versuche, Biedermanns Centralblatt für Agric.-Chemie 1892, pag. 772, bestätigen diese Beobachtung allerdings nicht.

[3]) H. de Fries, Wachstumsgeschichte der Kartoffel, landw. Jahrbücher 1878, pag. 681.

Kurvenverlauf. Hierfür die Verhältniszahlen zu berechnen, würde zu nicht vergleichbaren Zahlen führen, da ja die Trockensubstanzproduktion zum Teil noch unter Null war. Auch ohne die Zahlen ist es ja deutlich, dass bei allen Parzellen die Stickstoffaufnahme in dieser ersten Periode an und für sich bedeutend ist und die der anderen Nährstoffe meist überwiegt. Zu Ende der 2. Periode wird die Stickstoffaufnahme bei den meisten Parzellen bedeutend geringer, zu Ende der 3. sinkt sie bei allen erheblich und tritt jetzt nur bei den Kaliparzellen einigermassen stärker hervor.

Diese Hauptcharakteristik des Verlaufes der Stickstoffaufnahme ist also trotz der verschiedenen Düngungen auf allen Parzellen die gleiche geblieben, wenn auch ein regelmässiger Einfluss der Düngung nicht zu verkennen ist.

In der Zeit von der 1. zur 2. Ernte zeigt die Parzelle K und KP die relativ stärkste Aufnahme, N und NP die geringste. Die Kalidüngung hat deutlich die relative Stickstoffaufnahme der ersten Periode (1.—2. Ernte) erhöht, während eine Stickstoffdüngung gerade den umgekehrten Erfolg hatte. In der Periode 2. bis 3. Ernte tritt die Kaliwirkung noch immer, aber schwächer hervor; die Stickstoffwirkung aber hat sich nunmehr umgekehrt und gleichfalls eine Steigerung der Stickstoffaufnahme bedingt. Es ist ganz erklärlich, dass das Stickstoffbedürfnis durch die Stickstoffdüngung eher verdeckt wurde, durch Kalidüngung aber deutlicher hervortritt. Wie gelegentlich der Düngerwirkung auf die Trockensubstanz-Produktion ausgeführt wurde, hat das Kali eben seine Hauptwirkung auf die Trockensubstanz-Produktion in einer späteren Periode geäussert als der Stickstoff, mithin die Trockensubstanz-Kurve in den ersten Perioden verflacht. Die Stickstoffkurve wurde durch Kalidüngung nicht im gleichen Masse verflacht, eben weil die Pflanze den Stickstoff später nicht in dem hohen Grade benötigte, als gerade in den ersten Stadien ihrer Entwiklung. Warum aber hat eine Stickstoffdüngung, die der Pflanze den Stickstoff zur Zeit des grössten Bedarfes reichlich darbot, die relative Stickstoffaufnahme verringert? Eben deshalb, weil sie die Pflanze instand setzte, ihr Stickstoffbedürfnis zu befriedigen und dementsprechend mehr Trockensubstanz zu bilden, besonders da die Pflanze den Kalimangel in dieser Periode noch nicht so sehr empfand. Später, als Kalimangel eintrat, blieb die Pflanze in ihrer Pro-

duktion verhältnismässig sehr zurück, so dass die Trockensubstanzkurve in der ersten Periode viel steiler als später ansteigt. Die Stickstoffkurve aber steigt nicht in dem Grade steiler an, weil in dieser Periode der Stickstoff besser ausgenützt werden konnte, als in den späteren, wo demnach eine stärkere Stickstoffaufnahme stattgefunden haben muss. Wir sehen auch, dass in der nächsten Periode die Stickstoffdüngung die relative Stickstoffaufnahme gesteigert hat. In ähnlicher Weise machten sich die Düngungen auch in der Periode zwischen 3. und 4. Ernte geltend. Nach der 4. Ernte findet keine Stickstoffaufnahme mehr statt, ausser bei Parzelle K und KN, deren Vegetation noch lebhafter andauerte.

Die Phosphorsäure hat eine ganz unregelmässige Wirkung geäussert, so dass von einem bestimmten Einfluss derselben auf den Verlauf der Stickstoffaufnahme keine Rede sein kann.

Gänzlich verschieden von der Düngerwirkung auf den Verlauf der Stickstoffaufnahme ist die auf die relative Aufnahme des Kalis. Zunächst zeigt der Kurvenverlauf einen leicht erkennbaren Unterschied bei den verschiedenen Düngungen. Es ist ganz auffallend, dass bei den mit Kali gedüngten Parzellen die Kaliaufnahme nach der Zeit der 3. Ernte immer schwächer wird gegenüber der Trockensubstanz-Produktion, die nicht mit Kali gedüngten Parzellen hingegen durchwegs auch nach vollendeter Produktion noch eine erhöhte Kaliaufnahme erkennen lassen, die, wie früher erwähnt, gerade bei diesen Parzellen noch grösser gewesen sein muss, wenn man den Blattverlust berücksichtigt (pag. 27 und 28). Die Regelmässigkeit, mit der diese Erhöhung der Kaliaufnahme in der letzten Periode bei jenen Parzellen eintritt, schliesst es vollständig aus, dass hier Fehler oder Zufälligkeiten mitspielen. Ausserdem ist direkt aus dem prozentischen Gehalt die verstärkte Kaliaufnahme ersichtlich. In Tabelle IV ist ganz regelmässig die Erhöhung des Kaligehaltes von der 4. zur 5. Ernte bei den Parzellen ohne Kalidüngung ersichtlich, während die übrigen Parzellen ihren Kaligehalt gleichmässig erniedrigten. Es können hier auch die Resultate der 6. Ernte, die aus den früher angeführten Gründen für diese Arbeit sonst nicht verwendbar ist, angeführt werden, wie sie die zu anderen Zwecken im Göttinger Laboratorium vorgenommenen Analysen ergeben haben.

Kaligehalt der 6. Ernte in % der Trockensubstanz:

Parzelle	K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP
	1.898	**1.488**	**1.750**	2.13	1.411	2.150	2.309	**1.570**
gegen die 5. Ernte:								
	2.385	**1.250**	**1.865**	2.723	1.439	2.590	2.180	**1.260**

Auch hier fand noch eine Erhöhung des Kaligehaltes bei denselben Parzellen statt, obwohl die Trockensubstanz-Produktion bereits ihr Ende erreicht hatte.

Die Erklärung für dieses eigentümliche Verhalten wurde anfangs in der Möglichkeit gesucht, dass eine Kalidüngung die Stärkeablagerung in den Knollen begünstigte, so dass die Parzellen ohne Kalidüngung ihre gebildeten Reservestoffe nicht hätten ablagern können und hierdurch zu erhöhter Krautbildung gelangten, während die Kaliparzellen sich mit Kali anreichern, die gebildete Stärke stets abführen konnten und am Schlusse der Vegetation noch so reich an Kali waren, dass zum Transport der Reservestoffe aus den Blättern vor deren Absterben keine weitere Kalizufuhr nötig war. Eine einfache Untersuchung der Blätter auf ihren Stärkegehalt[1]) ergab aber, dass die Kaliparzellen durchgehends stärkereichere Blätter erzeugten. Es ist also nicht anzunehmen, dass die Parzellen ohne Kalidüngung deshalb eine reichere Kaliaufnahme am Ende der Vegetation hervorbrachten, um einen Überfluss an gebildeter Stärke in die Knollen zu transportieren. Die Probenahme der Blätter fand zwar nicht bei den Versuchspflanzen des Jahres 1893, sondern im August des darauffolgenden, bei im übrigen unter genau denselben Bedingungen gewachsenen Pflanzen, am frühen Vormittage statt. Das Resultat war ohne Zuhilfenahme des Mikroskops eine deutlich sichtbare Dunkelblau-Färbung der Blätter von den Kaliparzellen, während die übrigen nur eine sehr schwache, helle Bläuung erkennen liessen. Hiernach scheint zweifelsohne das Kali direkt die Stärkebildung zu begünstigen, wenn es nicht als geradezu notwendig hierzu betrachtet werden muss. Nobbe[2]) ist gleichfalls auf Grund zahlreicher Untersuchungen zu letzterer Ansicht gelangt. Allerdings trat in Lüpkes[3]) Versuchen auch Stärkebildung ein in Abwesenheit von

---

[1]) Nach der Sachs'schen Methode.

[2]) Über die organische Leistung des Kaliums i. d. Pflanze. Landw. Versuchsanst. 1871, pag. 387.

[3]) Funktion des Kalis in der Pflanze. Landw. Jahrb. 1888, pag. 887.

Kali, woraus der Schluss gezogen wird, dass Kali zur Lebensthätigkeit jeder Zelle, nicht aber zur Stärkebildung notwendig sei. Es trat ja aber auch Zellbildung ein ohne Kali. Eben so gut wie die Zellen eine Zeit lang auch ohne Kali oder mit der geringen Menge, die in dem Keimling selbst ohne Cotyledonen (Phaseolus) enthalten war, leben und sich vermehren konnten, konnte auch Stärke gebildet werden. Es wird denn auch die Ansicht grösstenteils vertreten, dass Kali in Beziehung zur Stärkebildung stehe, so von Märcker,[1]) Adolph Mayer[2]) u. a. Gilbert[3]) hält es „für ziemlich erwiesen, dass Kali wesentlich notwendig ist, wenn sich die hauptsächlichen stickstofffreien Extraktstoffe, Stärke und Zucker, bilden sollen. Die Rothamsteder Versuche haben gezeigt, dass sich in der Asche von Weizen um so mehr Kali vorfand, je reifer das Korn, je mehr Stärke also darin war. Auch bei den Kartoffeln findet sich das meiste Kali in den schwersten Ernten, also in den an Stärke reichsten."

Nach den vorliegenden Versuchen ist aber auch deutlich ersichtlich, dass sich ein Kalibedürfnis vorzüglich in der letzten Zeit der Vegetation geltend macht, und es dürfte der Schluss nicht ungerechtfertigt erscheinen, hierin einen Zusammenhang der Bedeutung des Kalis mit den Funktionen der Pflanze in dieser letzten Periode, das ist mit der vollen Ausbildung der Knollen, zu suchen. Dass die Kalidüngung dieses Bedürfnis verdeckte, ist durch die Anreicherung der Pflanze an Kali zu erklären, die aus den grossen Schwankungen im Kaligehalt der Kaliparzellen hervorgeht. Der Unterschied des Kaligehaltes bei den fünf Ernten beträgt durchschnittlich bei den Kaliparzellen 2.587 %, bei den übrigen 1.290 %.

Noch grösser ist der Unterschied jedenfalls im Kaligehalte der Blätter, der bloss für Parzelle KNP bestimmt wurde und um 3.87 % von der 1. zur 5. Ernte sinkt.

Die Pflanze hat sich also den Ernährungsverhältnissen insofern anpassen können, als sie den dargebotenen Nährstoff einerseits in ihren Blättern aufspeicherte, andererseits den

[1]) Die Kalidüngung. Berlin 1892.
[2]) Lehrbuch der Agrikultur-Chemie. Heidelberg 1886, pag. 267.
[3]) Ergebnisse zwölfjährigen, ununterbrochenen Kartoffelbaues auf den Versuchsfeldern zu Rothamsted. Biedermanns Centralblatt für Agrikulturchemie 1889, pag. 828.

Mangel an diesem Nährstoff durch verlängerte Aufnahme ausgleichen konnte.

Um die Düngerwirkung in den übrigen Perioden leichter zu erkennen, wenden wir uns zur Betrachtung der in gleicher Weise wie für den Stickstoff ermittelten Relativzahlen.

Relative Kalizunahme im Verhältnisse zur Zunahme an Trockensubstanz:

	1.—2. Ernte	2.—3. Ernte	3.—4. Ernte	4.—5. Ernte
Trockensubstanz . .	100	100	100	100
K	145	85	64	61
N	98	86	80	∞
P	78	101	92	224
KNP	106	114	57	4
O	100	121	53	∞
KN	108	121	53	∞
KP	108	96	74	—
NP	125	102	59	45

Besonders in der Zeit zwischen der 1. und 3. Ernte ist noch ein bedeutender Einfluss der Düngung bemerkbar. Kalidüngung hat die Kaliaufnahme bis zur 2. Ernte deutlich gesteigert, Stickstoffdüngung hat sie verringert. Ebenso wie Kali die relative Stickstoffaufnahme in dieser Zeit gesteigert hat, verursachte sie auch ein steileres Ansteigen der Kalikurve, weil die relative Trockensubstanz-Produktion dieser Periode geringer war. Andererseits hat die Stickstoffdüngung auch den Verlauf der Kaliaufnahme in dieser Periode verflacht durch die erhöhte relative Produktion an Trockensubstanz. Auch in der folgenden Periode ist die Kaliwirkung noch dieselbe, während die Stickstoffwirkung nunmehr nur zum Teil die gleiche ist, zum Teil, und zwar in Verbindung mit Kalidüngung, die umgekehrte. Es ist dies die Folge davon, dass die Stickstoffdüngung den prozentischen Kaligehalt im Verein mit Kali ebenfalls erhöht hat, ohne den gleichen Einfluss auf die Trockensubstanz-Produktion geäussert zu haben. In der Periode 3. bis 4. Ernte ist die Düngerwirkung geringer und undeutlich, da wahrscheinlich auch hier Fehler die Regelmässigkeit verwischen (wahrscheinlich bei P und N).

Die Phosphorsäure scheint auch auf den Verlauf der Kaliaufnahme keinen Einfluss genommen zu haben.

Der Verlauf der Phosphorsäureaufnahme endlich wurde durch die Düngung in ausserordentlich unregelmässiger Weise beeinflusst.

Relative Phosphorsäurezunahme im Verhältnis zur Zunahme an Trockensubstanz:

	1.—2. Ernte	2.—3. Ernte	3.—4. Ernte	4.—5. Ernte
Trockensubstanz . .	100	100	100	100
K	139	100	57	9
N	138	83	7	—
P	98	106	42	—
KNP	137	102	50	110
O	119	84	51	∞
KN	143	96	53	55
KP	145	83	71	115
NP	95	82	57	—

In der Periode zwischen der 1. und 2. Ernte ist es auch hier das Kali, das ein steileres Ansteigen der Phosphorsäurekurve veranlasste, aus demselben Grunde, als es die relative Kali- und Stickstoffaufnahme steigerte. Auch in der nächsten Periode ist dieselbe Kaliwirkung zu erkennen. Stickstoff scheint in der ersten Periode im Verein mit Kali die Phosphorsäureaufnahme herabgedrückt zu haben, was ja bei der Steigerung der relativen Trockensubstanz-Produktion in dieser Periode wahrscheinlich ist.

In einigen Fällen bei KNP, O und KP tritt am Ende der Vegetation ein besonders starkes Phosphorsäurebedürfnis ein. Auch Professor Liebscher[1]) konstatierte ein solches für die letzte Zeit der Vegetation:

Relative	Trockensubstanz- resp.	P_2O_5-Zunahme
4.—25./VI.	100	146
25./VI.—2./VII.	100	69
2./VII.—6./VIII.	100	64
6./VIII.—10./IX.	100	344

Es scheint demnach ein solches Bedürfnis vorhanden zu sein, doch wurde es im vorliegenden Falle bei den verschiedenen Parzellen in so unregelmässiger Weise verändert, dass hieraus keinerlei Folgerung gezogen werden kann.

VI. Schlussfolgerungen.

Nach den Ergebnissen der vorausgegangenen Abschnitte lässt sich also für die drei in Frage kommenden Nährstoffe ein Einfluss der Düngung auf den zeitlichen Verlauf ihrer Auf-

[1]) Journal für Landwirtschaft 1887, pag. 434.

nahme durch die Pflanze nachweisen. Deutlich war bei den vorliegenden Versuchen dieser Einfluss bloss für die Stickstoff- und Kaliaufnahme.

Es war von vornherein eigentlich zu erwarten, dass, falls der Verlauf der Nährstoffaufnahme für jede Pflanzengattung ein charakteristischer ist, diese Charakteristik auch durch die Düngung keine eingreifende Änderung erfahren kann. Für den Verlauf der Stickstoffaufnahme konnte konstatiert werden, dass der Einfluss der Düngung sich darauf beschränkt, dass Stickstoffbedürfnis stärker oder schwächer hervortreten zu lassen, ohne es jedoch ganz aufzuheben. Beim Verlaufe der Kaliaufnahme jedoch konnte die Kalidüngung das Kalibedürfnis am Ende der Vegetation vollständig verdecken. Es wurde versucht, eine Erklärung für dieses Verhalten durch das Accomodationsvermögen der Pflanze an ihre Ernährungsverhältnisse zu geben.

Es handelt sich nun darum, ob die Änderungen, welche im Verlaufe der Nährstoffaufnahme durch die Düngung hervorgerufen wurden, derartige sind, dass von einem für die Kartoffelpflanze charakteristischen Verlaufe überhaupt nicht mehr die Rede sein könnte und hierdurch eine Erklärung des Düngerbedürfnisses unserer Kulturpflanzen durch den Verlauf der Nährstoffaufnahme unstatthaft würde.

Die angeführten Zahlen lehren, dass dies nicht der Fall ist, dass vielmehr — wie die graphischen Darstellungen der Tafeln I und II es verdeutlichen — auch bei verschiedenen Düngungen die allgemeine Charakteristik des Verlaufes der Aufnahme sämtlicher drei Nährstoffe dieselbe bleibt. Darnach ist das Nährstoffbedürfnis der Kartoffel in der ersten Jugendzeit ein sehr bedeutendes, und zwar insbesondere das für Stickstoff — die Kartoffel kann auch für eine Chilisalpeter-Düngung sich sehr dankbar erweisen. Das lebhafte Nährstoffbedürfnis umfasst ca. zwei Drittel der Vegetationszeit, wonach es erst allmählich schwächer wird, für Kali jedoch und wahrscheinlich für Phosphorsäure länger andauert, sogar noch steigen kann. Die lange Dauer des Nährstoffbedürfnisses, unterstützt durch eine lange Vegetationszeit, erklärt sowohl die Dankbarkeit der Kartoffel für eine Düngung mit dem sich langsam zersetzenden Stallmist,[1]) als auch ihre Fähigkeit, selbst einen geringen Boden noch gut ausnützen zu können.

---

[1]) Siehe G. Liebscher. Der Verlauf d. Nährstoffaufnahme etc. Journal f. Landw. 1887, pag. 435.

Diese Konstanz des Verlaufes der Nährstoffaufnahme bestätigt die Behauptung Prof. LIEBSCHER's,[1]) dass eine der Ursachen des verschiedenen Düngerbedürfnisses unserer Kulturpflanzen in dem charakteristischen Verlaufe der Nährstoffaufnahme zu suchen sei.

Da aber für die Kali- und Stickstoffaufnahme eine, wenn auch geringe, regelmässige Beeinflussung durch die Düngung erkannt wurde, bietet das Studium des Verlaufes der Nährstoffaufnahme in einem bestimmten Falle eine Handhabe, um zu erkennen, welcher Nährstoff der Pflanze zugeführt werden muss.

Stellen wir den Verlauf der Nährstoffaufnahme der Parzelle KN als normalen hin, insoferne sie den höchsten Ertrag geliefert hatte, so werden wir jede Abweichung von diesem Verlauf als Mangel an einem Nährstoff zu deuten wissen. Ein Stickstoffmangel, der im vorliegenden Versuche bei K und KP am stärksten hervortritt, drückt sich im Kurvenverlaufe aus durch steileres Ansteigen der Stickstoffkurve in der ersten Hälfte der Vegetation; Kalimangel macht sich durch steileres Ansteigen der Kalikurve in der zweiten Hälfte der Vegetation geltend.

Wir gelangen also zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Kartoffel hat während ihrer ganzen Vegetationszeit ein starkes Bedürfnis für alle drei in Frage kommenden Nährstoffe.

2. Das Stickstoffbedürfnis der Kartoffel ist besonders stark in der ersten, das Kalibedürfnis in der zweiten Hälfte der Vegetation.

3. Der Verlauf der Nährstoffaufnahme wird in regelmässiger Weise, wenn auch in geringem Grade durch jene Düngung beeinflusst, welche auch eine regelmässige Wirkung auf die Trockensubstanz-Produktion ausübte:

a) Eine Kalidüngung steigert die relative Kaliaufnahme in der ersten und vermindert sie in der zweiten Hälfte der Vegetation.

b) Eine Stickstoffdüngung, die dem hauptsächlich in der ersten Hälfte der Vegetation auftretenden Stickstoffbedürfnis entgegenkam, verringerte demgemäss die relative Stickstoffaufnahme dieser Periode.

---

[1]) Siehe G. LIEBSCHER. Der Verlauf d. Nährstoffaufnahme etc. **Journal** f. Landwirtschaft 1887, pag. 344.

c) Es ist nicht ausgeschlossen, dass aus dem Verlauf der Nährstoffaufnahme ein Schluss gezogen werden kann auf den Mangel an einem Nährstoff in Boden oder Düngung.

d) Stickstoffmangel giebt sich durch steileres Ansteigen der Stickstoffkurve in der ersten Hälfte der Vegetation, Kalimangel durch steileres Ansteigen der Kalikurve in der zweiten Hälfte der Vegetation zu erkennen; wahrscheinlich drückt sich ein Phosphorsäuremangel in ähnlicher Weise im Verlaufe der Phosphorsäureaufnahme aus, wie ein Kalimangel, da ein stärkeres Bedürfnis der Kartoffel auch für Phosphorsäure in der späteren Zeit der Vegetation anzunehmen ist.

Ausdrücklich muss aber zu diesem 3. Punkt bemerkt werden, dass die darin enthaltenen Folgerungen nur mit aller Zurückhaltung aufgestellt werden können, da geringe Differenzen nur eines Versuches nicht zu weitgehenden Verallgemeinerungen berechtigen.

4. Die allgemeine Charakteristik des Verlaufes der Nährstoffaufnahme wird durch die geringen Einflüsse der Düngung nicht aufgehoben, so dass der Verlauf der Nährstoffaufnahme als eine konstante Eigentümlichkeit der Pflanzen angesehen werden muss und somit als eine Ursache des verschiedenen Düngerbedürfnisses unserer Kulturpflanzen aufzufassen ist.

Zum Schlusse dieser Abhandlung sei es mir gestattet, auch an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Liebscher für sein freundliches Entgegenkommen während meiner Studien an der Universität Göttingen und für die Förderung meiner Arbeit in jeder Richtung, meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Tabelle II. (Tabelle I

Trockensubstanz pro

Düngung	1. Ernte am 23./VI.					2. Ernte am 11./VII.					3. Ernte	
	Wurzel	Kraut	alte Knollen	junge Knollen	Summa	Wurzel	Kraut	alte Knollen	junge Knollen	Summa	Wurzel	Kraut
Faktisch geerntet K korrigiert [1])	2.733	8.740	6.375	—	**17.847**	4.943	31.013	2.723	29.354	**68.033**	10.290	40.967
Faktisch geerntet N	3.021	12.488	6.081	—	**21.590**	4.788	33.181	1.820	15.969	55.785	7.04	43.549
korrigiert						5.90	41.00	2.17	19.69	**68.76**	8.4	52.1
Faktisch geerntet P korrigiert	2.430	7.178	6.550	—	**16.158**	4.214	26.563	3.236	13.649	**47.665**	6 530	29.009
KNP	3.100	11.955	6.491	—	**21.545**	4.577	28.470	1.875	34.178	**69.100**	9.136	57.460
Faktisch geerntet O	2.517	8.094	6.327	—	**16.938**	4.389	25.993	2.820	13.168	46.371	7.188	32.823
korrigiert						5.1	30.5	3.4	15.4	**54.4**		
Faktisch geerntet KN korrigiert	3.061	11.721	6 095	—	**20.877**	5.438	39.334	2.703	34.728	**82.203**	10.282	62.989
Faktisch geerntet KP korrigiert	2.302	8.217	7.033	—	**17.552**	4.284	27.873	2.942	25.688	**60.786**	9.222	43.167
Faktisch geerntet NP	2.258	8.738	5.876	—	**16.872**	4.892	35.328	3.273	17.342	**60.835**	6.937	53.513
korrigiert											7.0	49.1

[1]) S. pag. 13. Wo keine Korrektur erfolgte, da stehen die Erntezahlen in die Zeilen mit der Bezeichnung „Faktisch geerntet" und „korrigiert" für die Ernte-

siehe folgende Seite.)

1 Pflanze in Grammen.

am 2./VIII.			4. Ernte am 22./VIII.				5. Ernte am 12./IX.			
alte Knollen	junge Knollen	Summa	Wurzel Kraut	alte Knollen	junge Knollen	Summa	Wurzel Kraut	alte Knollen	junge Knollen	Summa
			52.432	0.958	156.889	210.278				
2.013	92.703	**145.972**					53.076	—	207.359	**260.435**
			57.4	1.078	171.8	**230.278**				
0 558	50.355	101.53	48.395	—	80.450	128 845				
							38.997	—	110.269	**149.265**
0.7	60.3	**121.5**	55.9	—	93.0	**148.9**				
							30.670	—	104.883	135.553
1.148	41.871	**78.557**	33 120	—	67.929	**101.049**				
							23.9	—	81.7	**105.6**
1.135	95.682	**163.413**	78.565	0.588	172.927	**252.080**	76.130	—	202.975	**279.105**
0.966	51.029	**92.005**	38 845	—	84.004	**122.849**	27.816	—	93.849	**121.665**
							85 278	—	229.965	315.243
1.036	100.878	**175.179**	83 570	—	181.889	**265.458**				
							79.9	—	215.3	**295.2**
1.670	83.679	**137.738**	50.612	0 708	163.779	**215.099**	52.375	—	202.514	**254.889**
1.640	54.972	117.061								
			49.641	—	86.183	**135.824**	35.235	—	98.296	**133.530**
1.5	50.4	**107.1**								

der Höhe der Düngerbezeichnung. Wenn aber eine Korrektur nötig wurde, so sind angaben benutzt worden.

Tabelle I.

Ernte-Ergebnis in Grammen. [1])

Parzelle	1. Ernte 23./VI. Anzahl der Pflanzen	1. Ernte Wurzel (lufttrocken)	1. Ernte Kraut (lufttrocken)	1. Ernte alte Knollen (lufttrocken)	2. Ernte 11./VII. Anzahl der Pflanzen	2. Ernte Wurzel (lufttrocken)	2. Ernte Kraut (frisch)	2. Ernte alte Knollen (frisch)	2. Ernte junge Knollen (frisch)
K	24	72.5	232.5	166.0	24	130	6060	1370	3670
N	„	80.0	329.0	160.5	„	125.8	5700	1000	1830
P	„	64.0	193.0	173 0	„	111.5	4390	1540	1640
K + N + P	„	82.0	315.5	166 5	„	120.5	7750	1000	4250
O	„	66.5	217.0	168.5	„	117 2	3880	1370	1570
K + N	„	82.0	315.0	162.5	„	145.0	8640	1410	4160
K + P	„	61.0	216.0	186.0	„	114.0	4700	1550	3300
P + N	„	60.0	231.0	154.5	„	130.0	5650	1520	2130

Parzelle	3. Ernte 2./VIII. Anzahl der Pflanzen	3. Ernte Wurzel (lufttrocken)	3. Ernte Kraut (frisch)	3. Ernte alte Knollen (frisch)	3. Ernte junge Knollen (frisch)	4. Ernte 22./VIII. Anzahl der Pflanzen	4. Ernte Wurzel und Kraut (frisch)	4. Ernte alte Knollen (lufttrocken)	4. Ernte junge Knollen (frisch)	5. Ernte 12./IX. Anzahl der Pflanzen	5. Ernte Wurzel und Kraut (frisch)	5. Ernte junge Knollen (frisch)
K	24	270	6 090	1000	8 610	36	10 010	25	18 580	36	10 590	24 745
N	„	187.5	5 770	300	4 800	„	5 330	1.2	10 920	„	3 790	14 605
P	„	173.0	3 290	640	3 920	„	4 080	0.66	8 920	„	2 190	12 800
K + N + P	„	240.5	9 590	510	9 890	„	17 100	15.33	22 250	„	16 690	27 110
O	23 und 1 Fehlstelle.	184.5	3 760	640	4 650	„	5 370	4.53	10 420	„	2 310	11 945
K + N	24	271.0	10 690	510	10 220	„	17 620	10.00	23 350	35 und 1 Fehlstelle.	17 730	29 700
K + P	„	243.5	5 870	800	8 460	35 und 1 Fehlstelle.	9 690	17.33	18 070	36	9 860	24 090
P + N	23 und 1 Fehlstelle.	178.0	6 450	830	5 580	36	6 540	10.5	11 840	W. und Kraut 42, Knollen 36.	2 740	13 735

[1]) Nach den Aufschreibungen von Herrn Keestra.

Tabelle III.

Stickstoffgehalt in % der Trockensubstanz.

Düngung	1. Ernte 23./VI.					2. Ernte 11./VII.				
	Wurzel	Kraut	alte Knollen	junge Knollen	ganze Pflanze	Wurzel	Kraut	alte Knollen	junge Knollen	ganze Pflanze
K	2.164	4.428	1.410	—	**3.004**	1.616	3.394	1.203	1.103	**2.318**
N	2.470	5.178	1.459	—	**3.746**	2.289	4.417	1.266	1.463	**3.281**
P	2.183	4.791	1.531	—	**3.077**	1.799	3.717	1.177	1.314	**2.687**
KNP	2.454	4.429	1.522	—	**3.269**	2.022	3.948	1.366	1.535	**2.556**
O	1.546	4.689	1.401	—	**3.995**	2.047	3.889	1.478	1.312	**2.336**
KN	2.382	4.703	1.206	—	**3.342**	1.982	4.105	1.270	1.481	**2.762**
KP	1.770	4.279	1.244	—	**2.785**	1.574	3.484	1.296	1.223	**2.288**
NP	2.114	4.953	1.297	—	**3.299**	2.177	4.269	1.332	1.419	**3.130**

Düngung	3. Ernte 2./VIII.					4. Ernte 22./VIII.				5. Ernte 12./IX.			
	Wurzel	Kraut	alte Knollen	junge Knollen	ganze Pflanze	Wurzel Kraut	alte Knollen	junge Knollen	ganze Pflanze	Wurzel Kraut	alte Knollen	junge Knollen	ganze Pflanze
K	1.055	2.698	1.244	0 894	**1.426**	2.002	—	0.805	**1.104**	1 808	—	0.812	**1.015**
N	2.115	4.190	1.249	1.713	**2.828**	3.376	—	1.892	**2.449**	2.747	—	1.707	**1.978**
P	1.486	3.136	1.448	1.402	**2.049**	2.558	—	1.466	**1.824**	2.183	—	1.314	**1.511**
KNP	1.614	3.426	1.255	1.312	**2.072**	2.629	1.287	1.386	**1.773**	2.274	—	1.334	**1.591**
O	2.216	3 357	1.324	1.269	**2.089**	2 521	—	1.248	**1.650**	2.232	—	1.440	**1.621**
KN	1.639	3 525	1.254	1.367	**2.158**	2.803	—	1.352	**1.809**	2.219	—	1.316	**1.560**
KP	1.072	2.762	1.068	0.935	**1.488**	2.058	0.947	0.799	**1.096**	1.658	—	0.763	**0.947**
NP	2.000	3.966	1.141	1.530	**2.666**	3.145	—	1.661	**2.207**	2.537	—	1.813	**2.003**

Tabelle IV.

Kaligehalt in % der Trockensubstanz der ganzen Pflanzen.

Düngung	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
K	4.954	3.932	2.993	2.495	2.385
N	2.404	1.414	1.167	1.097	1.250
P	2.638	1.501	1.375	1.308	1.365
KNP	5.184	3.868	3.673	3.002	2.723
O	2.441	1.567	1.503	1.281	1.439
KN	5.509	4.045	3.573	3.177	2.590
KP	4 578	3.484	2.915	2.379	2.180
PN	2.648	1.641	1.348	1.126	1.260

Phosphorsäuregehalt in % der Trockensubstanz der ganzen Pflanzen.

Düngung	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
K	1.118	0.887	0.725	0.581	0.520
N	1.008	0.971	0.791	0.654	0.613
P	1.094	0.860	0.782	0.720	0.689
KNP	1.032	0.726	0 562	0.440	0.443
O	1.131	0.949	0.816	0.700	0.721
KN	1.017	0.768	0.606	0.487	0.465
KP	1.028	0.792	0.574	0.490	0.505
PN	0.917	0.747	0.679	0.481	0.581
				korr. 0.598 [1]	

[1]) S. pag. 29.

Tabelle V.

Düngung	Absoluter Gehalt pro 100 Pflanzen														
	Düngung 1000 g K_2O pro 100 Pflanzen					Düngung 232.5 g N pro 100 Pflanzen					Düngung 292.5 g P_2O_5 pro 100 Pflanzen				
	Kali g					Stickstoff g					Phosphorsäure g				
	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
K	88.4	267.5	437.0	574.6	621.3	53.6	157 4	208.2	254.3	264.3	19.96	60.4	105.8	133.8	135.4
N	51.9	97.3	141.8	163.3	186.8	80.9	225.7	343.6	364.4	395.3	23.5	66.8	96 1	97.3	91.5
P	42.6	71.6	108.0	132.2	144.1	49.7	128.1	161.0	184.3	159.6	17.7	41.0	65 6	72.8	72.8
KNP	111.7	267.3	600.2	756.6	759.9	70.43	176.7	338.6	447	443.9	22.2	50.2	91.8	110.9	123.7
O	41.3	85.2	138.3	157.4	175 1	50.7	154.3	192.2	202.7	197.2	19.2	51.6	74.6	86.0	87.7
KN	115.0	332.5	626	843.4	764.6	69.8	227.1	378.1	480.2	460.5	21.2	63.2	106.2	129 3	137.3
KP	80.4	211.7	401.5	511.7	555.6	48.9	139.1	205.0	235.7	241.4	18.0	48.2	79.0	105.4	127.6
PN	44.6	99.8	144.4	153.0	168.3	55.7	190.4	285.5	299.9	267.9	15.5	45.4	72.7	65.4 korr. 81.15[1])	77.6

[1]) S. pag. 29.

Tabelle VI.

Gesamtmenge an Trockensubstanz K, N und P in Prozenten der vierten Ernte.

Parzelle	Gehalt an	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	5. Ernte
I	Trockensubst.	— 0,4	23.2	60.1	100	114.2
	K_2O	9,8	43.0	74.5	100	108.7
	N	13,6	58.3	80.1	100	104.3
	P_2O_5	7.6	40.4	77 3	100	101.3
II	Trockensubst.	+ 2 2	38.4	79 0	100	100 3
	K_2O	12.8	48.4	83.2	100	118.5
	N	17.1	59.5	93.9	100	79.8
	P_2O_5	14.9	64.8	98.6	100	93.3
III	Trockensubst.	— 3.1	35.2	72.7	100	105.5
	K_2O	7.2	37.2	74.9	100	112.3
	N	17.0	65.3	85.6	100	84.8
	P_2O_5	11.4	48.8	88.4	100	100
IV	Trockensubst.	+ 1.2	21.6	62 1	100	111.6
	K_2O	10.5	32.1	78.3	100	100.5
	N	11.4	36.2	74.5	100	99.2
	P_2O_5	11.5	39 5	80.9	100	112.7
V	Trockensubst.	— 1.8	34.2	70 3	100	98.9
	K_2O	4.7	40.7	84.3	100	114.5
	N	15.8	73.2	94.2	100	97.0
	P_2O_5	11.4	54.4	84.8	100	102.3
VI	Trockensubst.	+ 0.9	25.7	63 5	100	112.1
	K_2O	9.8	36.7	73.1	100	90.2
	N	10.4	44 8	77.7	100	95.7
	P_2O_5	8.9	44.3	80.5	100	106.7
VII	Trockensubst.	— 0.6	21 4	60.5	100	120 2
	K_2O	9.4	37.0	76.8	100	109.2
	N	12.5	54.8	85.6	100	102.7
	P_2O_5	7.8	39.7	72.1	100	123.4
VIII	Trockensubst.	— 1.6	35.9	75.4	100	98.0
	K_2O	7.6	54.7	92.6	100	113.0
	N	12.1	60 6	94.6	100	88.5
	P_2O_5	19.1	55.9	89.5	100	95.6

Litteraturverzeichnis.

DRECHSLER, Düngungsversuche. Journal für Landwirtschaft, Berlin 1884.

WAGNER, Einige Resultate agrikulturchemischer Düngungsversuche. Journal für Landwirtschaft 1883.

LIEBSCHER, Referate über die im Vorlesungskursus für ältere praktische Landwirte vom 1.—6. Februar 1892 gehaltenen Vorträge. Berlin 1892.

LIEBSCHER, Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre. Journal für Landwirtschaft 1887.

WAGNER, Die Steigerung der Bodenerträge durch rationelle Stickstoffdüngung. Berlin 1889.

STÖCKHARDT, Forst- und landwirtschaftl.-chem. Untersuchungen aus dem akad. landw. Laboratorium zu Tharand. Tharander Jahrbuch N. F. III. Leipzig 1854.

ANDERSON, Jahresbericht für Agrikulturchemie 1864.

WOLFF, Mitteilungen aus Hohenheim V.

KREUSLER, Chem.-physiol. Untersuchungen über das Wachstum der Kartoffelpflanze bei kleinerem und grösserem Saatgut. Landw. Jahrb. XV. Berlin 1886.

KELLERMANN, Die Kartoffelpflanze rücksichtlich der wichtigsten Baustoffe in den verschiedenen Perioden ihrer Vegetation. Landw. Jahrb. VI. Berlin 1877.

KÖNIG, Trockengewichtsbestimmungen bei Kartoffel und Mais in siebentägigen Vegetationsperioden. Landw. Jahrb. V. Berlin 1876.

HELMKAMPF, Mitteilungen aus dem landw.-physiol. Laboratorium Göttingen. Journal für Landwirtschaft 1892.

LIEBSCHER, Das landw. Studium an der Universität Göttingen. Berlin 1893.

DRECHSLER, Düngungsversuche. Journal für Landwirtschaft 1880.

MÄRCKER, Die Kalidüngung in ihrem Wert für die Erhöhung und Verbilligung der landw. Produktion. Berlin 1892.

MÄRCKER, BIELER und SCHNEIDEWIND, Die agrikulturchemische Versuchs-Station Halle a. S., ihre Einrichtung und Thätigkeit. Berlin 1892.

HOFFMEISTER, Bestimmung des Trockengewichtes verschiedener Pflanzen. Landw. Jahrb. V, 1876.

KREUSLER, Betrachtungen über das Wachstum der Maispflanze. Landw. Jahrb. VIII, 1879.

Wollny, Über die Beziehungen der Blüten zur Knollenbildung bei der Kartoffelpflanze. Forsch. auf d. Geb. der Agrik.-Physik 1888.

Leydhecker, Wechselbeziehungen zwischen der Blüten- und Knollenbildung der Kartoffel. Biedermanns Centralblatt für Agrikulturchemie 1892.

H. de Vries, Wachstumsgeschichte der Kartoffel. Landw. Jahrb. VII, 1878.

Nobbe, Schröder und Erdmann, Über die organische Leistung des Kaliums in der Pflanze. Chemnitz 1871.

Lüpke, Funktion des Kalis in der Pflanze. Landw. Jahrb. 1888.

A. Mayer, Lehrbuch der Agrikulturchemie. Heidelberg 1886.

Gilbert, Ergebnisse zwölfjährigen ununterbrochenen Kartoffelbaues auf den Versuchsfeldern zu Rothamsted. Biedermanns Centralblatt für Agrikulturchemie 1889.

Vita.

Ich, Ludwig Hecke, wurde geboren am 9. Oktober 1868 in Ung. Altenburg in Ungarn, wo mein Vater, Wenzel Hecke, k. k. Regierungsrat und Professor an der k. k. Hochschule für Bodenkultur in Wien, damals als Professor der ehemaligen k. k. höheren landwirtschaftlichen Lehranstalt thätig war.

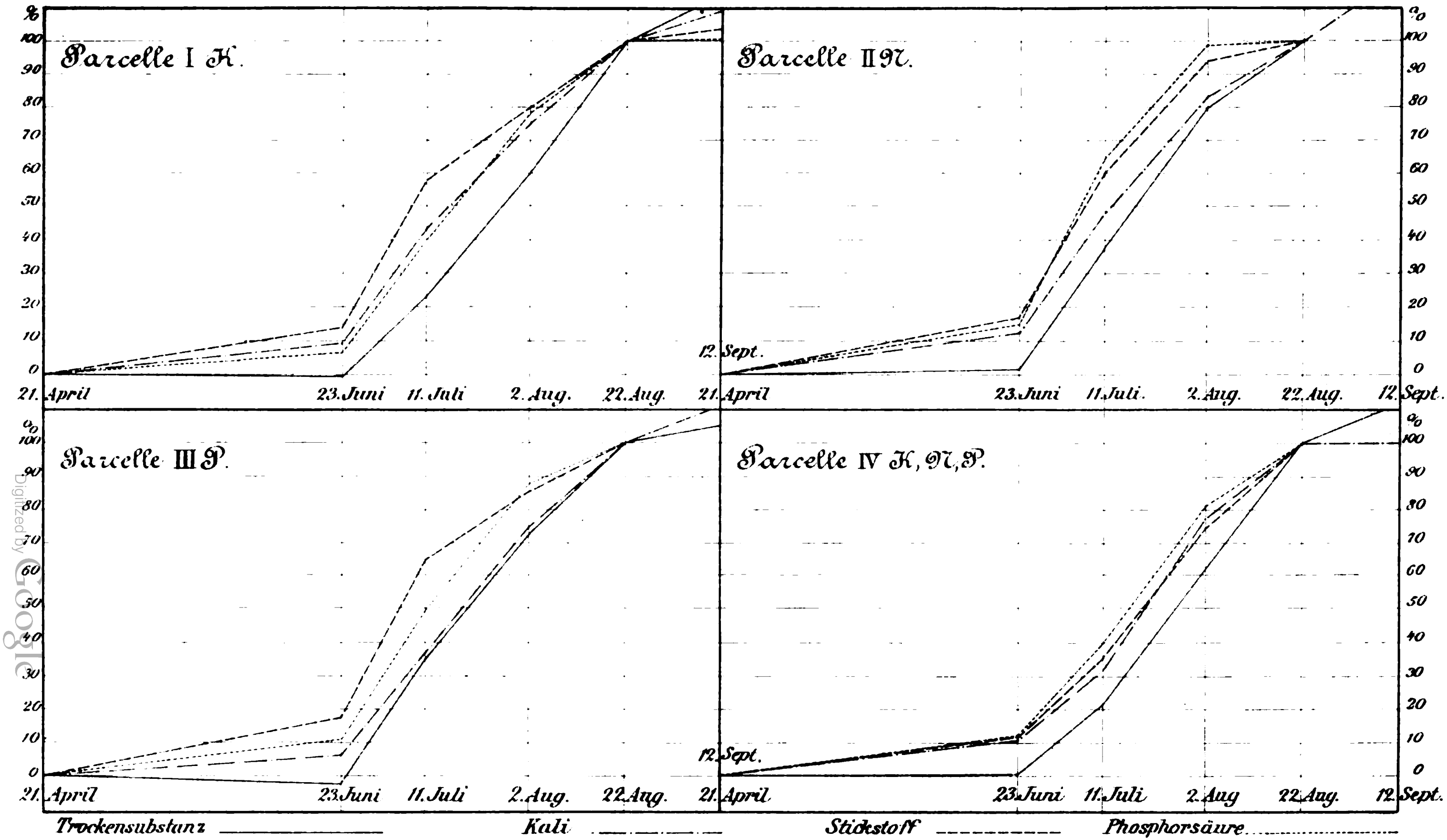
Meine Mittelschulstudien absolvierte ich am Staatsgymnasium des VIII. Bezirkes in Wien, wo ich auch im Jahre 1887 das Zeugnis der Reife erlangte. Das Jahr 1887/88 brachte ich in der landwirtschaftlichen Praxis auf den Gütern Sr. Kaiserl. und Königl. Hoheit des nunmehr verstorbenen Erzherzogs Albrecht in Ung. Altenburg zu und trat mit dem Wintersemester 1888/89 das Studium an der k. k. Hochschule für Bodenkultur in Wien an. Nach Ablauf des Trienniums unterzog ich mich den daselbst bestehenden „strengen Prüfungen“ und erhielt auf Grund derselben im Jahre 1891 das Diplom.

Wie die Ferienmonate der früheren Jahre zum Teil der landwirtschaftlichen Praxis im Königreich Sachsen und in Ungarn gewidmet wurden, trat ich auch im Jahre 1891 wieder als Volontär auf der Herrschaft Teschen, damals im Besitze Sr. Kaiserl. und Königl. Hoheit Weiland des Erzherzogs Albrecht in Österreich-Schlesien, ein, wo ich mit dem 1. März 1892 als besoldeter Ökonomie-Praktikant in Stellung trat. Im November 1893 trat ich aus dem erzherzoglichen Dienste aus, um mich dem landwirtschaftlichen Lehrfache, speciell dem der Pflanzenproduktionslehre, zuzuwenden. Zu diesem Zwecke bezog ich noch im Wintersemester 1893 die Universität Göttingen,

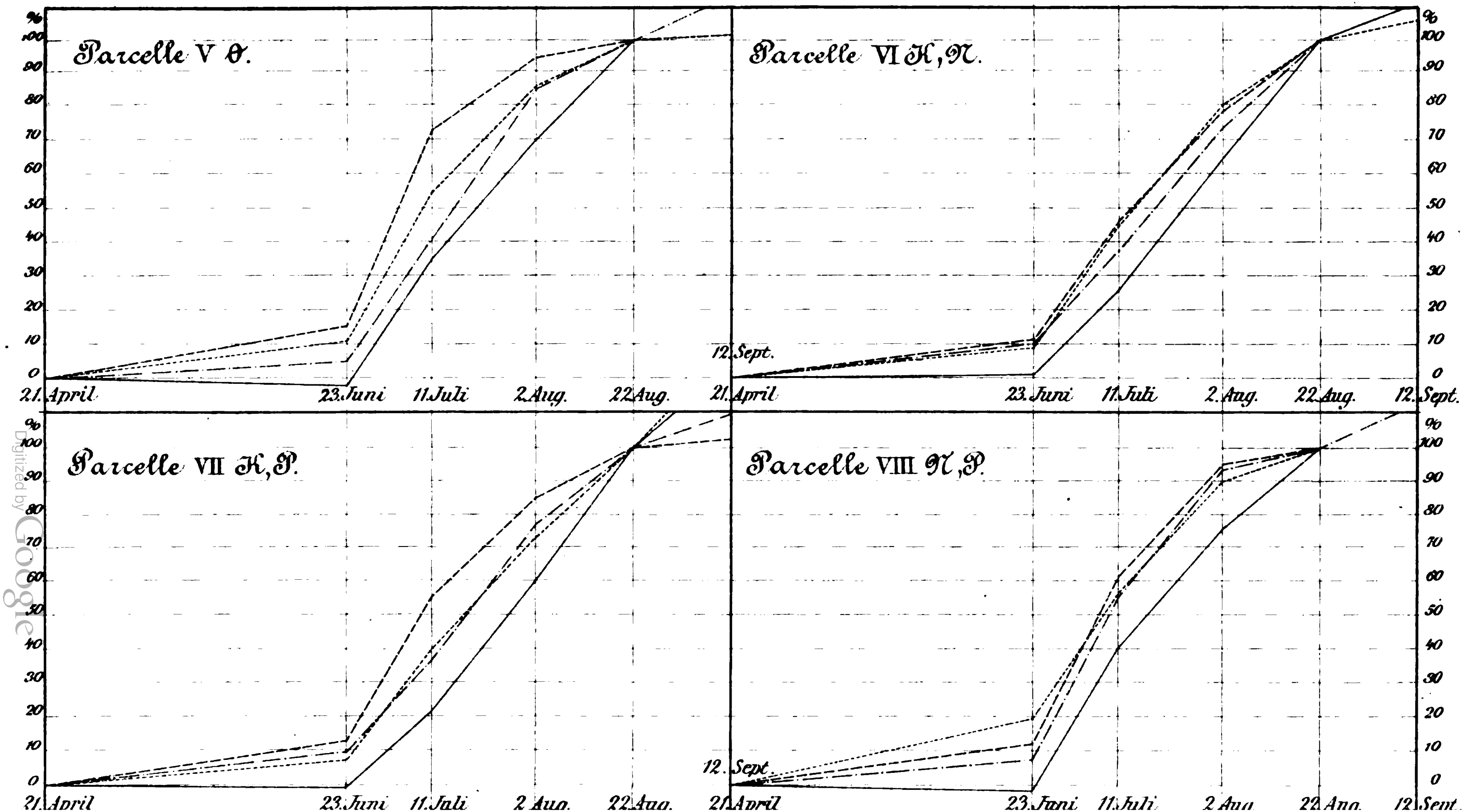
wo ich in genannter Richtung Studien betrieb und mit den Arbeiten für meine Dissertationsschrift beschäftigt war. Durch das freundliche Entgegenkommen des Herrn Professor Dr. LIEBSCHER wurde ich in die Lage gesetzt, diese Aufgabe nach zwei Semestern zu vollenden.

Mit Schluss des Sommersemesters 1894 nahm ich meine Exmatrikel und legte das mündliche Doktorexamen am 24. April 1895 ab. Indessen hatte ich mich um die Assistentenstelle der Lehrkanzel für Pflanzenbaulehre an der k. k. Hochschule für Bodenkultur in Wien beworben, welche ich seit 1. Oktober 1894 inne habe.

Tafel I.


Parcelle I K.
Parcelle II N.
Parcelle III P.
Parcelle IV K, N, P.
%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
21. April
23. Juni
11. Juli
2. Aug.
22. Aug.
12. Sept.
Trockensubstanz
Kali
Stickstoff
Phosphorsäure

Tafel II.


Parcelle V θ.
Parcelle VI K, N.
Parcelle VII K, P.
Parcelle VIII N, P.
%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
21. April
23. Juni
11. Juli
2. Aug.
22. Aug.
12. Sept.